

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный  
институт  
«Инженерные системы зданий и сооружений»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Матюшенко А.И.  
подпись                      инициалы, фамилия  
«                      »                      2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»  
код - наименование специальности

Водоснабжение города и промышленных предприятий из поверхностного  
источника  
тема

Пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н.                      Т.Я. Пазенко  
подпись, дата                      должность, ученая степень                      инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ С.О. Мухаметдинов  
подпись, дата                      инициалы, фамилия

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Т.Я. Пазенко  
подпись, дата                      инициалы, фамилия

Красноярск 2019

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Водоснабжение города, расположенного на территории Красноярского края» содержит 80 страниц текстового документа, 2 приложение, 22 использованных источников, 6 листов графического материала.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КОАГУЛЯНТ, ОЧИСТИМТЕ СООРУЖЕНИЯ, НАСОСЫ, ВОДОЗАБОР, РЕЗЕРВУАР ЧИСТОЙ ВОДЫ, КОНТАКТН^ТЕ ОСВЕТИТЕЛИ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ

Объект исследования - город, расположенный на территории Красноярского края

Цель работы:

- определение необходимых расходов воды;
- определение оптимальных диаметров труб и потерь напора по сети;
- проектирование и расчет водозабора;
- выбор типа и расчет сооружений для подготовки воды питьевого качества;
- расчет и проектирования насосных станций.

В результате выполненной работы были выбраны современные материалы труб и подобраны оптимальные диаметры в кольцевой водопроводной сети. Подобран состав очистных сооружений. В качестве коагулянта принят коагулянт нового поколения с массовой долей основного вещества в пересчете на  $Al_2O_3$  не менее 42 %.Запроектирован водозабор из поверхностного источника. Разработан генплан очистных сооружений. Дана оценка влияния проектируемых сооружений на окружающую природную среду.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети	6
1.1 Общие сведения об объекте водоснабжении	6
1.1.1 Место расположения объекта	6
1.1.2 Характеристика источника водоснабжения.	6
1.2 Характеристика промышленного предприятия.	7
1.3 Определение расчетных расходов воды.	8
1.3.1 Потребители воды	8
1.3.2 Расход воды на хозяйственно - питьевые нужды населения	9
1.3.3 Расход воды на нужды промышленных предприятий	10
1.3.4 Расходы воды на коммунальные нужды населенного пункта	11
1.3.5 Расходы воды на пожаротушение	11
1.3.6 Расход воды на нужды местной промышленности	12
1.4 Режим водопотребления в течение суток	12
1.5 Гидравлический расчет водопроводной сети	18
1.5.1 Принципы трассировки водопроводной сети	18
1.5.2 Расчетная схема отдачи воды потребителю	18
1.5.3 Подготовка сети к гидравлическому расчету	21
1.5.4 Гидравлический расчет сети	21
2 Расчет и проектирование водозабора	23
2.1 Руслевой водозабор. Гидравлический расчет	23
2.1.1 Расчет площади водоприемных отверстий (брутто), оборудованных решетками	23
2.1.2 Расчет площади водоочистой плоской сетки	25
3 Расчет и проектирование насосных станций	27
3.1 Насосная станция I подъема	27
3.1.1 Определение требуемого напора насосов	28

3.2 Насосная станция II подъема	29
3.2.1 Определение требуемого напора насосов	32
4 Расчет и проектирование станций водоподготовки	32
4.1 Очистные сооружения	32
4.1.1 Качество воды в источнике	32
4.1.2 Производительность водопроводных очистных сооружений	32
4.1.3 Выбор технологической схемы водоподготовки	33
4.1.4 Расчет технологических параметров сооружений	34
5 Оценка воздействия на окружающую среду проектируемой системы водоснабжения города	62
5.1 Оценка воздействия систем водоснабжения из поверхностного источника на окружающую природную среду	62
5.1.1 Характеристика проектируемого объекта	62
5.1.2 Характеристика источника водоснабжения	62
5.2 Технологическая схема водоподготовки	68
5.3 Технология водоподготовки с точки зрения возможного антропогенного воздействия на природную среду	68
5.3.1 Количественная оценка антропогенного воздействия	69
5.3.2 Оценка гидравлической нагрузки на водный объект водозабором	69
5.3.3 Количество жидких отходов	69
5.3.4 Расчет количества твердых отходов	70
5.4 Проектирование зон санитарной охраны	73
Заключение	78
Список использованных источников	79
Приложение А	81
Приложение Б	90

## **ВВЕДЕНИЕ**

Велика и многообразна роль воды в жизни человека. Без воды невозможно развитие органического мира. Без достаточного количества воды соответствующего качества в современной жизни немыслимо развитие ни одной отрасли народного хозяйства. Она является единственным материалом, который практически незаменим. В то же время расход воды непрерывно возрастает. Чрезвычайно быстрыми темпами растет водопотребление промышленности. Имеющиеся запасы и источники воды не могут удовлетворить все возрастающие потребности современного общества при рациональном их использовании и бережном отношении как к природному богатству, которое нужно тщательно охранять.

Водоснабжение представляет собой комплекс мероприятий по обеспечению водой различных ее потребителей. Среди многих отраслей современной техники, направленных на повышение качества жизни людей, благоустройства населенных территорий и развития промышленности, водоснабжение занимает большое и почетное место.

Обеспечение населения чистой и качественной водой имеет большое значение, так как предохраняет людей от различных заболеваний. Подача достаточного количества воды позволяет поднять общий уровень благоустройства населенных территорий. Выполнение этой задачи, а также обеспечение высоких санитарных качеств питьевой воды требует тщательного выбора природных источников, их защиты от загрязнения и надлежащей очистки воды на водопроводных сооружениях.

Развитие промышленности в нашей стране и быстрый рост благоустроенных населенных пунктов требуют усовершенствования методов водоснабжения. В настоящее время основным направлением повышения производительности систем водоснабжения является не расширение существующих мощностей, а интенсификация процессов обработки воды.

# **1 Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети**

## **1.1 Общие сведения об объекте водоснабжения**

### **1.1.1 Место расположения объекта**

Город расположен на левом берегу реки. Ширина реки в районе строительства имеет вид ущелья шириной от 190 до 700 м. Город ограничен перепадом рельефа более 20% с юга, а с востока - транзитной грузовой магистралью, на западе расположены дачные участки, а с севера - очистные сооружения канализации.

Застройка жилого сектора состоит в основном из пятиэтажных многосекционных домов, которые оборудованы холодным и горячим водоснабжением, канализацией и централизованным отоплением.

На территории города в пределах пешеходной доступности имеется сеть детских учреждений, две общеобразовательных школы, общественно- торговые центры, что позволяет организовать культурно-бытовое обслуживание в радиусе 400 м, а также имеется больничный комплекс на 300 коек.

Проезды и территории улиц населенного пункта заасфальтированы и озеленены. Основной путь сообщения населенного пункта с городами - автомобильные дороги, в летний период - речной транспорт по реке, который представлен судами малой грузоподъемности.

На территории города расположено предприятие по переработке молока.

### **1.1.2 Характеристика источника водоснабжения**

Источником водоснабжения города является река. Река полностью обеспечивает город водой в течение года.

Абсолютная отметка высшего уровня стояния воды (УВВ) - 528,5 м, низший уровень (УВН) - 525,5 м. Амплитуда колебания уровня воды в реке - 5 м.

Средний годовой расход источника водоснабжения - 128 м<sup>3</sup>/с. Грунты в основании берега плотные. Климат района проектирования системы водоснабжения - резко-континентальный, с длинной продолжительной зимой и коротким летом. Средняя температура зимой -25 °С, летом +18 °С, максимальная температура воздуха зимой -29°С, летом +30°С.

Вода в источнике относится к мало мутным. Показатели качества воды приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Показатели качества воды в реке

Наименование	природных	Показатели	качества	Нормативы (ПДК по
примесей		исходной	воды	СанПиН
Мутность, мг/л		62		15
Цветность, град.		42		20
Щелочность, мг - экв/л		13		
Фтор, мг/л		0,3		12
Железо общее, мг/л		0,23		0,3
Хлориды, мг/л		14		350
Сульфаты, мг/л		14,1		500
Минерализация, мг/л		120,9		1000
Азот нитритный, мг/л		0,003		3,3
Азот нитратный, мг/л		0,04		45
Азот аммонийный, мг/л		0,18		15
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л		15		не норм
Фенолы летучие		0,002		0,001
СПАВ, мг/л		0,03		0,5

## 12 Характеристика промышленного предприятия

На предприятии молочной промышленности до 90% общего объема потребляемой воды расходуется на производственные нужды, такие как

охлаждение молока и молочных продуктов, мытье сыров, восстановление сухого молока; мытье оборудования и тары, включая цистерны для котельных и холодильных установок.

Система водоснабжения в производственных и вспомогательных цехах обработки и переработке молока прямоточная с повторным использованием отработавшей воды. В холодильных установках, компрессорных, пластинчатых теплообменниках и вакуум-выпарных аппаратах используется оборотная вода. Отработавшая вода от охлаждения молочных продуктов в аппаратах используется повторно на горячее водоснабжение, наружное мытье автомобильных цистерн, полив территории и т.д. Вода, расходуемая на мытье оборудования, панелей, бутылок, фляг и банок, внутреннее мытье железнодорожных и автомобильных молочных цистерн, обмыв сыров, хозяйственно-бытовые нужды и горячее водоснабжение, должна быть питьевого качества. Полив территории и наружное мытье автомашин, может иметь незначительные отклонения от ГОСТа на питьевую воду.

### **13 Определение расчетных расходов воды**

#### **13.1 Потребители воды**

Первоначальной задачей при проектировании водопроводной системы является определение количества потребляемой воды и режима ее расходования.

Общее количество воды, которое должен подавать городской водопровод, включает:

- расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения;
- расход воды на нужды промышленного предприятия;
- расход воды на коммунальные нужды города (полив территории, мойка улиц);
- расход воды на нужды пожаротушения.



### 132 Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Здания оборудованы централизованным холодным и горячим водоснабжением, канализацией норма водопотребления согласно СП 31.13330.2012 составляет 240 л/(чел-сут).

Расчетное число жителей  $N$ , чел., определяется по формуле

$$N = E_{\text{ж}} \cdot p = 337,5 \cdot 300 = 101250 \text{ чел.}, \quad (1.1)$$

где  $E_{\text{ж}}$  - площадь жилой застройки, 337,5 га;

$p$ - плотность населения, 300 чел/га.

Необходимое количество воды для водоснабжения города характеризуется суточным расходом. Суточный расход воды определяется по формуле

$$Q_{\text{сут}}^{\text{н}} = \frac{N \cdot d_{\text{ж}}}{1000} = \frac{101250 \cdot 240}{1000} = 24300 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad \text{ОЛ (1.2)}$$

где  $d_{\text{ж}}$  - норма водопотребления;

$N$  - расчетное число жителей в жилой застройке, чел.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяется по формулам

$$Q_{\text{сут}}^{\text{акс}} = K_{\text{ут}}^{\text{акс}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} = 1,3 \cdot 24300 = 31590 \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.3)$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{мин}} = K_{\text{ут}}^{\text{мин}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} = 0,7 \cdot 24300 = 17010 \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (1.4)$$

где  $K_{\text{ут}}$ ,  $K_{\text{лик}}$ ,  $MH$ . - коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, принимаются равными:

$$q_{сут. макс.} \cdot q_{сут. мин.} = 0,9.$$

Расчетные часовые расходы воды  $q$  м<sup>3</sup>/ч, определяются по формулам

$$q_{макс.} = q_{макс.}^{1,4} = 14^{\frac{1}{1,4}} = 1842,75 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.5)$$

$$q_{мин.} = q_{мин.}^{0,35} = 0,35^{\frac{1}{0,35}} = 248,06 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1.6)$$

где  $\eta$  - коэффициент часовой неравномерности, который определяется по формулам

$$\eta_{макс.} = \frac{Q_{макс.}}{Q_{в.макс.}} = 1,3^{1,09} \approx 1,4, \quad (1.7)$$

$$\eta_{мин.} = \frac{Q_{мин.}}{Q_{в.мин.}} = 0,5^{0,7} = 0,35, \quad (1.8)$$

где  $a$  - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается согласно СП 31.13330.2012

$$a_{макс.} = 1,2-1,4; a_{мин.} = 0,4-0,6;$$

$J_3$  - коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по табл. 2, СП 31.13330.2012 величина которого при численности жителей 101250 чел. составляет:

$$P_{макс.} \quad P_{мин.} \quad \dots$$

### 1.3.3 Расход воды на нужды промышленных предприятий

Расход воды на производственные нужды определяем по формуле

$$Q_n^{\wedge} = \dots = 20,3 \text{ м}^3/\text{час}, \quad (1.9)$$

где  $Q_{p.p}$  - суточный расход воды на производственные нужды промышленных предприятий, 325 м³/сут

### 134 Расходы воды на коммунальные нужды населенного пункта

Среднесуточное потребление воды на полив территории определяется в зависимости от ее покрытия, способа полива, вида зеленых насаждений, климатических условий и т.д.

Расход воды на полив  $O_{\text{полив}}$ , м³/сут, определяем исходя из условия, что на одного жителя приходится 50 л/(чел-сут)

$$Q_{\text{полив}} = \frac{101250 \cdot 50}{1000} = 5062,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

где 101250 - количество жителей, чел.

### 135 Расходы воды на пожаротушение

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар) и количество одновременных пожаров в населенном пункте для расчета магистральных и кольцевых линий водопроводной сети принимаем по таблицам 1 и 3 СП 8.13130.2009. При застройке населенного пункта зданиями высотой более 3-х этажей с общей численностью более 100 тыс. чел. принимаем количество одновременных пожаров - 3, расход воды на один пожар - 40 л/с.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение промышленного предприятия принимаем равным 25 л/с, что соответствует III степени огнестойкости промышленных зданий, категории производства по пожарной опасности Г и Д, общим объемом зданий до 50 тыс. м³. Количество одновременных пожаров на промышленном предприятии - 1.

### **13.6 Расход воды на нужды местной промышленности**

Расход воды на местную промышленность определяется по формуле

$$Q_{\text{м.пр}} = 0,1 \cdot Q_{\text{ср.сут.}} = 0,1 \cdot 24300 = 2430 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (1.11)$$

### **1.4 Режим водопотребления в течение суток**

Расход питьевой воды в различное время суток происходит со значительными колебаниями. В связи с этим, составляется часовой график водопотребления в течение суток для гидравлического расчета водопроводной сети и сооружений на ней.

Результаты расчета водопотребления по часам суток приведены в таблице 1.2.

Таблица 12 Водопотребление города по часам суток

Часы суток	хозяйственно - питьевые нужды, тг=1 л		Нужды местной промышленности	Поливка улиц и зеленных насаждений	Промышле нное предприят ие	Всего	
	%	м³/ч				м³/ч	%
0-1	2,5	789,75	101,25	421,88		1312,88	3,332
1-2	2,65	837,135	101,25	421,88		1360,27	3,452
2-3	2,2	694,98	101,25	421,88		<b>1218,11</b>	<b>3,091</b>
3-4	2,25	710,775	101,25	421,88		1233,91	3,131
4-5	3,2	1010,88	101,25	421,88		1534,01	3,893
5-6	3,9	1232,01	101,25	421,88		1755,14	4,454
6-7	4,5	1421,55	101,25			1522,80	3,964
7-8	5,1	1611,09	101,25			1712,34	4,345
8-9	5,35	1690,07	101,25		20,3	1811,62	4,597
9-10	5,85	1848,02	101,25		20,3	1969,57	4,998
10-11	5,35	1690,07	101,25		20,3	1811,62	4,597
11-12	5,25	1658,48	101,25		20,3	1780,03	4,517
12-13	4,6	1453,14	101,25		20,3	1574,69	3,996
13-14	4,4	1389,96	101,25		20,3	1511,51	3,836
14-15	4,6	1453,14	101,25		20,3	1574,69	3,996
15-16	4,6	1453,14	101,25		20,3	1574,69	3,996
16-17	4,9	1547,91	101,25		20,3	1669,46	4,236
17-18	4,6	1453,14	101,25		20,3	1574,69	3,996
18-19	4,7	1484,73	101,25	421,88	20,3	<b>2028,16</b>	<b>5,147</b>
19-20	4,5	1421,55	101,25	421,88	20,3	1964,98	4,986
20-21	4,4	1389,96	101,25	421,88	20,3	1933,39	4,906
21-22	4,2	1326,78	101,25	421,88	20,3	1870,21	4,746
22-23	3,7	1168,83	101,25	421,88	20,3	1712,26	4,345
23-24	2,7	852,93	101,25	421,88	20,3	1396,36	3,543
Итого	100	31590	2430	5062,5	325	39407,36	100

По данным таблицы 12 чертим ступенчатый график водопотребления населенного пункта и промышленного предприятия по часам суток (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Совмещенный график водопотребления города, подачи воды насосами ПС-I и подачи воды потребителю насосами ПС-II

Определяем регулируемую емкость бака водонапорной башни. Расчет регулирующей емкости бака водонапорной башни приведен в таблице 13.

Полный объем бака водонапорной башни,  $W_{\text{вб}}, \text{ м}^3$ , определяется по формуле

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{п,о}}, \quad (1.12)$$

где  $W_{\text{рег}}$  - регулирующий объем воды в баке;

$W_{\text{п,о}}$  - запас воды на наружное и внутреннее пожаротушение в течение 10 мин.

Объем регулирующей емкости бака водонапорной башни составляет 2,201 % суточного расхода воды

$$W_{\text{рег}} = \frac{2,201}{100} \cdot 3940,36 = 867,36 \text{ м}^3. \quad (1.13)$$

Противопожарный запас составляет

$$W_{\text{п,о}} = \frac{1000}{7,2} = 138,89 \text{ м}^3. \quad (1.14)$$

Полный объем бака водонапорной башни

$$= 867,36 + 72 = 939,36 \text{ м}^3.$$

Принимаем 1 бак объемом 1000 м<sup>3</sup>. Размеры бака - диаметр 10 м; высота 12 м.

Таблица 13 - Расчет регулирующей емкости бака водонапорной башни

Часы суток	Водопотребле ние, %	Подача воды в сеть, %	Поступление воды в бак, %	Расход воды из бака, %	Остаток воды в баке, %
0-1	3,332	3,75	0,418	-	0,625
1-2	3,452	3,75	0,298	-	0,923
2-3	3,091	3,75	0,659	-	1,582
3-4	3,131	3,75	0,619	-	<b>2,201</b>
4-5	3,893	3,75	-	0,143	2,058
5-6	4,454	3,75	-	0,704	1,354
6-7	3,964	3,75	-	0,114	1,24
7-8	4,345	3,75	-	0,595	0,645
8-9	4,597	5,0	0,403	-	1,048
9-10	4,998	5,0	0,002	-	1,05
10-11	4,597	5,0	0,403	-	1,453
11-12	4,517	5,0	0,483	-	1,936
12-13	3,996	3,75	-	0,246	1,69
13-14	3,836	3,75	-	0,086	1,604
14 15	3,996	3,75	-	0,246	1,358
15-16	3,996	3,75	-	0,246	1,112
16-17	4,236	3,75	-	0,486	0,626
17-18	3,996	3,75	-	0,246	0,38
18-19	5,147	5,0	-	0,147	0,233
19-20	4,986	5,0	0,014	-	0,247
20-21	4,906	5,0	0,094	-	0,341
21-22	4,746	5,0	0,254	-	0,595
22-23	4,345	3,75	-	0,595	0
23-24	3,543	3,75	0,207	-	0,207
Итого	100	100	3,854	3,854	

Определяем регулирующий объем резервуара чистой воды. Расчет емкости резервуара чистой воды приведен в таблице 14.

Полный объем резервуаров чистой воды,  $W_{P..}$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$W_{P..} = W_{рег} + W_{соб.Н} + W_{пож}, \quad (1.15)$$

где  $W_{рег}$  - регулирующий объем воды в резервуаре;

$W_{пож}$  - неприкосновенный запас воды на тушение пожара;

$W_{соб.Н}$  - объем воды на собственные нужды станции.

Объем регулирующей емкости резервуара по таблице 14 составляет 4,12 % суточного расхода воды.

Таблица 14 - Расчет регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача воды НС-I подъема, %	Подача воды НС-II подъема, %	Поступление воды в РЧВ, %	Расход воды из РЧВ, %	Остаток воды в РЧВ, %
0-1	4,16	3,75	0,41		1,23
1-2	4,16	3,75	0,41		1,64
2-3	4,16	3,75	0,41		2,05
3-4	4,16	3,75	0,41		2,46
4-5	4,16	3,75	0,41		2,87
5-6	4,16	3,75	0,41		3,28
6-7	4,17	3,75	0,42		3,7
7-8	4,17	3,75	0,42		4,12
8-9	4,17	5,0		0,83	3,29
9-10	4,17	5,0		0,83	2,46
10-11	4,17	5,0		0,83	1,63
11-12	4,17	5,0		0,83	0,8
12-13	4,17	3,75	0,42		1,22
13-14	4,17	3,75	0,42		1,64
14-15	4,17	3,75	0,42		2,06
15-16	4,17	3,75	0,42		2,48
16-17	4,17	3,75	0,42		2,9
17-18	4,17	3,75	0,42		3,32
	4,17	5,0		0,83	2,49



Окончание таблицы 14

19- 20	4,17	5,0		0,83	1,66
20- 21	4,17	5,0		0,83	0,83
21- 22	4,17	5,0		0,83	0
22- 23	4,16	3,75	0,41		0,41
23- 24	4,16	3,75	0,41		0,82
Итого	100	100	6,64	6,64	

$$W_{\text{пож}} = 2,14 \cdot 3^{407,36} = 1623,58 \text{ м}^3. \quad (1.16)$$

Неприкосновенный противопожарный объем  $W_{\text{пож}}$  рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров  $n$  в течение всего нормативного времени тушения пожара  $T_{\text{пож}}$

$$W_{\text{пож}}' = T_{\text{пож}} \cdot 3,6 \cdot n_{\text{н.п}} \cdot q_{\text{н.п}} + n_{\text{п.пр}} \cdot q_{\text{п.пр}} \quad (1.17)$$

$$= 3 \cdot 3,6 \cdot (3 \cdot 40 + 1 \cdot 25) = 1566 \text{ м}^3,$$

где  $n$  - расчетное количество пожаров соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии принимается СП 8.13130.2009;

$q$  - расход воды на тушение одного пожара, соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии л/с;

$T_{\text{пож}}'$  - нормативное время тушения одного пожара, принимается 3 ч.

Объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции составляет

$$W_{\text{о'е'}} = 0,05 \cdot Q_{\text{п'ур}} = 0,05 \cdot 39407,36 = 1970,37 \text{ м}^3. \quad (1.18)$$

Полный объем резервуаров чистой воды

$$= 1623,58 + 1970,37 + 1566 = 5159,95 \text{ м}^3.$$

Принимаем 2 резервуара объемом по 3000 м<sup>3</sup> каждый. Размеры типового резервуара - 30х24х4,8м.

## **15 Гидравлический расчет водопроводной сети**

### **15.1 Принципы трассировки водопроводной сети**

Водопроводная сеть - один из основных элементов системы водоснабжения, взаимосвязана в работе с водоводами, насосными станциями, подающими воду в сеть, и регулирующей емкостью контррезервуаров.

Правильный выбор конфигурации водопроводной сети обеспечивает надежность ее работы.

Основные принципы трассировки водопроводной сети:

1. Сеть должна охватывать всех потребителей;
2. Подачу воды потребителям необходимо подавать по кратчайшим расстояниям;
3. Должна быть обеспечена бесперебойная подача воды потребителям.

Бесперебойная подача воды потребителям обеспечивается устройством кольцевой сети.

После проведенной трассировки сети основная магистральная сеть состоит из 4-х колец. Конфигурация кольцевой сети приведена на рисунке 12 - 14.

Производим гидравлический расчет магистральной сети методом Лобачева-Кросса.

### **15.2 Расчетная схема отдачи воды потребителю**

В основу гидравлического расчета положено, что каждый участок сети отдает постоянный удельный расход дуд, л/(с-м), который определяется по формуле

$$q_{уд} = \frac{Q - Q_{соср.}}{Zl} \text{ л/(с-м)}, \quad (1.19)$$

где  $q_{уд}$  - удельный расход воды на 1 м сети, л/(с-м);

$Q$  - общий расход воды, л/с;

$Q_{соср.}$  - сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем, л/с;

$Zl$  - суммарная длина участков магистральной водопроводной сети, м.

Для упрощения расчета, принимаем, что вода отбирается из сети в виде сосредоточенных расходов в узлах магистральной водопроводной сети. Узловой расход равен полу сумме путевых расходов участков, примыкающих к узлу, также учитывается сосредоточенный расход.

Узловой расход определяется по формуле

$$q_{узн} = \frac{Q_{пут} + Q_{соср.}}{2} \text{ л/с.} \quad (1.20)$$

Результаты расчета путевых расходов приведены в таблице 15, узловых расходов - в таблице 16.

Удельный расход

$$\text{при максимальном водоразборе} - q_{уд} = \frac{2028,16 - 20,3}{3,6 - 8710} = 0,06403 \text{ л/(с-м)};$$

$$\text{при максимальном транзите} - q_{уд} = \frac{1218,11 - 20,3}{3,6 - 8710} = 0,0382 \text{ л/(с-м)}.$$

Таблица 15 - Определение путевых отборов

№ участков	Расчетная длина участка, м	Путевые отборы воды, л/с, при максимальном		
		водоразборе	водоразборе при пожаре	транзите
1	2	3	4	5
1-2	360	23,05	23,05	13,75
2-3	430	27,53	27,53	16,43
3-4	770	49,3	49,3	29,41
4-5	895	57,31	57,31	34,19

## Окончание таблицы 15

1	2	3	4	5
5-6	500	32,02	32,02	19,10
6-7	565	36,18	36,18	21,58
7-8	585	37,5	37,5	22,35
8-9	655	41,94	41,94	25,02
9-10	1000	64,03	64,03	38,2
10-11	515	32,98	32,98	19,67
11-7	345	22,1	22,1	13,18
10-12	220	14,1	14,1	8,4
12-13	345	22,1	22,1	13,18
13-1	615	39,4	39,4	23,49
4-11	480	30,73	30,73	18,34
3-12	430	27,53	27,53	16,43
Итого	8710	557,8	557,8	332,72

Таблица 16 - Узловые расходы

№ узла	№участка, примыкающего к узлу	Путевой расход, л/с, в час		Расчетный узло	
		максимального		расход, л/с, в	
		водоразбора	транзита	водоразбора	транзита
1	1-2; 1-13	62,4	37,24	31,2	18,62
2	1-2; 2-3	50,58	30,18	25,29	15,09
3	2-3; 3-4; 3-12	104,36	62,26	52,18	31,13
4	3-4; 4-5; 4-11	137,34	81,94	68,67	40,97
5	4-5; 5-6	89,32	53,28	44,66	26,64
6	6-7;6-5	68,2	40,68	34,10	20,34
7	7-8;7-11;6-7	95,78	57,12	47,89	28,56
8	8-9;7-8	79,44	47,36	39,72	23,68
9	8-9;9-10	105,96	63,22	52,98	31,61
10	10-11;10-12;9-10	111,1	66,28	55,55	33,14
11	4-11;10-11;7-11	85,82	51,2	42,91	25,60
12	10-12;12-13; 3-12	63,74	38,02	31,87	19,01
13	12-13; 1-13	61,5	36,68	30,75	18,34
Итого				557,8	332,72

### **153 Подготовка сети к гидравлическому расчету**

Подготовка водопроводной сети к гидравлическому расчету сопровождается предварительным распределением расходов по участкам кольцевой сети. Первоначально общий расход воды равномерно распределяется между параллельными магистралями.

При гидравлическом расчете определяются диаметры трубопроводов, скорости движения воды и потери напора в сети. Расчет производим по таблицам гидравлического расчета Ф.А. Шевелева, соблюдая следующие условия:

1. Сумма приходящих к узлу расходов равна сумме выходящих из узла расходов;

2. Должен соблюдаться I закон Кирхгофа - сумма потерь напора на участках, где расход движется в рассматриваемом кольце по часовой стрелке, должна быть равна сумме потерь напора на участках с противоположным направлением движения расхода (против часовой стрелки). Допускаемая невязка при расчете составляет  $\Delta h \leq 0,5$  м.

Кольцевую сеть проектируем из чугунных труб по ГОСТ 9583 - 75\* с внутренним цементно - песчаным покрытием. Водоводы от водонапорной башни до городской сети - из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91\* в две нитки  $V_y = 600$  мм.

### **154 Гидравлический расчет сети**

По таблицам Ф.А. Шевелева определяем:

- диаметры трубопроводов -  $V_y$ , мм;
- потери напора в водоводах и водопроводной сети -  $1000i$ , мм/м;
- скорость движения воды -  $v$ , м/с.

Расчетные случаи работы сети:

- в час наибольшего водопотребления. Гидравлический расчет случая приведен в таблице 17 и 18, схема гидравлического расчета приведена на рисунке 12 приложение А;

- при пожаре в час наибольшего водопотребления. Гидравлический расчет приведен в таблице 19 и 1.10, схема гидравлического расчета приведена на рисунке 13 приложение А;

- в час наименьшего водопотребления. Гидравлический расчет приведен в таблице 1.11 и 1.12, схема гидравлического расчета приведена на рисунке 14 приложение Б.

Таблица 1.13 - Расчет водоводов

Наименование водоводов	Длина, м	Количество	Общий расход, л/с	Расчетный расход, л/с	Диаметр, мм	Потери напора, м
Водоводы от НС-1 до очистных сооружений	150	2	501,6	351,12	600	0,4395
Случай максимального водоразбора						
Водоводы от НС-2 до сети	500	2	547,3	383,11	800	0,65
Водоводы от водонапорной башни до сети	1000	2	16,09	11,263	250	5,67
Случай максимального водоразбора при пожаре						
Водоводы от НС-2 до сети	500	2	683,38	478,37	800	0,65
Водоводы от водонапорной башни до сети	1000	2	16,09	11,263	250	5,67
Случай максимального транзита						
Водоводы от НС-2 до сети	500	2	410,49	287,34	800	0,65
Водоводы от водонапорной башни до сети	1000	2	72,13	50,491	250	5,67
Водоводы от водонапорной башни до сети	1000	2	22			

## **2. Расчет и проектирование водозабора**

### **2.1 Руслевой водозабор. Гидравлический расчет**

Состав сооружений: береговой сеточный колодец, совмещенный с насосной станцией.

Гидравлические расчеты водозабора выполняют для определения:

- размеров водоприемных отверстий, диаметров трубопроводов, решеток, водоочистных сеток и других элементов водозабора;
- потерь напора, отметок уровней воды и высшей отметки оси насосов;
- гидравлических характеристик режима работы водозабора.

Гидравлические расчеты производят для нормальных и чрезвычайных условий водозабора. Под нормальными условиями работы водозабора подразумевается одновременная работа всех секций водозабора, кроме резервных. При чрезвычайных условиях эксплуатации одна из двух секций предполагается выключенной, вследствие чего весь забираемый расход воды или значительная его часть проходит по другой секции.

Размеры элементов водозабора определяют применительно к нормальным условиям эксплуатации, а расчеты потерь напора и наибольшей допустимой отметки оси насосов выполняют применительно к чрезвычайным условиям.

#### **2.1.1 Расчет площади водоприемных отверстий (брутто), оборудованных решетками**

Площадь одной секции водозабора определяется по формуле

$$Q_{ep} = 125 \cdot K \cdot \dots, \quad (2.1)$$

где  $Q_p$  - расчетный расход воды одной секции водозабора.

Для нормальных условий эксплуатации

$$Q_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{ср}}}{n} = \frac{10843337 \text{ л}}{2} = 22752,35 \text{ ж}^3/\text{сут} = 263,34 \text{ л/с}; \quad (2.2)$$

для аварийных условий

$$Q_{\text{ав}} = \frac{(1 - 0,3)^{n-1} \cdot U_{\text{г}} \cdot (1 - 0,01^{30})^{43337,8}}{2 - 1} \cdot 1,25 \cdot K_{\text{см}} \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.3)$$

где  $n = 2$  - число секций водозабора;

$p = 30\%$  - допустимое уменьшение подачи воды в аварийном режиме (для первой категории водозаборных сооружений);

$U_{\text{г}}$  - условная средняя скорость входа в водоприемное отверстие, исчисляемая по площади отверстия в свету. Скорость входа принимается в зависимости от типа применяемых рыбозаградительных устройств, 0,3 м/с;

1,25 - коэффициент, учитывающий засорение отверстий;

$K_{\text{см}}$  - коэффициент, учитывающий стеснение приемного отверстия для решеток, определяется по формуле

$$K_{\text{см}} = \frac{a + e}{5 + 1} \quad (2.4)$$

где  $a$  - расстояние между стержнями решеток в свету, принимается 5 - 10 см в труднодоступных отверстиях и 5 см во всех других случаях;

$e$  - толщина стержней, принимается 0,6 - 1,0 см.

$$K_{\text{см}} = 0,63 \cdot 1,315 \text{ м}^2.$$

Принимаем размеры водоприемного отверстия 1250 x 1500 мм (b x h). Соответственно, типовая сороудерживающая решетка имеет следующие технические характеристики:

площадь решетки: нетто - 1,62 м<sup>2</sup>, брутто - 1,86 м<sup>2</sup>;

ширина рамы решетки по наружному обмеру - 1370 мм;



высота рамы решетки по наружному обмеру - 1580 мм;

общая высота решетки - 1830 мм;

масса - 135 кг.

В целях рыбозащиты сороудерживающие решетки совмещены с рыбозащитными фильтрующими кассетами. Принимаем кассеты толщиной 80 мм, заполненные керамзитом диаметром зерен 15-30 мм (25 мм). Потери напора в фильтрующих кассетах определяются по формуле

$$\Delta h_{\text{фк}} = 1,25 \cdot s^2 \cdot v = 1,25 \cdot 0,08^2 \cdot 0,25 = 0,156 \text{ м}, \quad (2.5)$$

где  $s$  - толщина кассеты, м, 0,08;

$v$  - скорость втекания воды, м/с, 0,25

$K_{\text{ф}}$  - коэффициент фильтрации, м/с, принимается по опытным данным, для керамзита диаметром зерен 25 мм  $K_{\text{ф}}=0,2$  м/с.

Помимо рыбозащитных фильтрующих кассет водоприемные отверстия оборудуются рыбоотводящей системой РОС.

## 2.1.2 Расчет площади водоочистной плоской сетки

Площадь водоочистной плоской сетки, располагаемой под минимальным расчетным уровнем воды в водоприемно-сеточном отделении водозаборного сооружения определяется по формуле

$$P_{\text{с}} = \frac{Q_{\text{с}}}{K_{\text{з}} \cdot v_{\text{с}}} \quad (2.6)$$

где  $v_{\text{с}}$  - допустимая скорость течения воды в сетки (не является рыбозащитными) принимается равным  $0,2 \div 0,4$  м/с для плоских сеток;

$K_{\text{з}}$  - коэффициент, учитывающий засорение сеток сором, принимается равным 1,5 для плоских сеток;

$K_{mm}$  - коэффициент, учитывающий стеснение отверстия сеткой и опорными рамами, определяется по формуле

$$K_{mm} = \frac{f \cdot a^2}{V \cdot J} - K_p = \frac{f \cdot a^2}{V \cdot J} - 1 = 2,56$$

где  $a$  - расстояние между проволоками в свету, мм, 2;

$d$  - диаметр проволоки, мм, 1,2;

$K_p$  - коэффициент, учитывающий стеснение отверстия рамами и межрамочными уплотнениями;

$K_p$  определяют по особенностям конструкции сетки; для предварительных расчетов принимают равным 1 для плоских сеток.

$$P_o = \frac{Q}{K_{mm}} - 2,56 - 1,5 = 3,37 \text{ м}^2.$$

Подбираем типовую плоскую сетку со следующими техническими характеристиками:

ширина сетки (В) - 1630 мм;

высота сетки - 2630 мм;

масса сетки - 170,3 кг.

Потери напора в сетке  $B_c$  принимаем 0,1 м.

Диаметры трубопроводов коммуникаций водозабора подбирают по таблицам для расчета водопроводных труб: принимаем стальные трубы

- для самотечных водоводов  $\dot{e}=600\text{мм}$ ;  $v=0,88 \text{ м/с}$ ;  $1-1000=0,49$ ;
- для всасывающих водоводов  $\dot{e}=400\text{мм}$ ;  $v=1,98 \text{ м/с}$ ;  $1-1000=10,9$ .
- для напорных водоводов  $\dot{e}=450\text{мм}$ ;  $v=1,99 \text{ м/с}$ ;  $1-1000=11,9$ .

### **3 Расчет и проектирование насосных станций**

#### **3.1 Насосная станция I подъема**

Насосные станции систем водоснабжения представляет собой сложный комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих подачу воды в соответствии с нуждами потребителя. Состав сооружений, их конструктивные особенности, тип и количество основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований.

Насосные станции по назначению и расположению в общей схеме водоснабжения подразделяются на станции 1-го подъема, 2-го подъема, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции 1-го подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают её на водоочистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в резервуары, распределительную сеть, водонапорную башню и другие сооружения.

Наряду с обеспечением требуемого напора и подачи при сооружении насосных станций, при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию существует необходимость обеспечивать: требуемую степень надежности и степень бесперебойности работы; долговечность в соответствии с хозяйственному значению объектов, в состав которых они входят; удобства в эксплуатации и широкое применение автоматики и телемеханики.

При строительстве насосных станций не допускаются излишества в составе и размерах сооружений, объемах зданий, основном и вспомогательном оборудовании, объемах временных сооружений, архитектурном облике и т. п.

Существует необходимость в наиболее полном использовании стандартных изделий и местных строительных материалах. Строительство выполняется в короткие сроки при наименьшей стоимости, максимальной

механизации строительного процесса, применение качественного строительного оборудования и современных методов труда с сокращением трудоемкости работ. Необходимо сводить до минимума ущерб, который может быть причинен при возведении сооружений насосной станции вследствие подтопления территории, заиливание и размывание русла, изменение ледового режима и нарушение биологического баланса.

В заключении необходимо особо отметить, что состав сооружений и оборудования, равно как и вся схема водоснабжения в целом, должны учитывать условия будущей эксплуатации с непрерывно изменяющимся размером и режиме водопотребления в данном районе вследствие развития народного хозяйства.

Запроектирована насосная станция I подъема совмещенного типа, которая входит в состав сооружений крупного водозабора береговой типа, предназначенного для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения города и завода.

### 3.1.1 Определение требуемого напора насосов

Требуемый напор насосов НС-I при подаче воды на очистные сооружения определяется по формуле

$$H_{\text{г}} + h_{\text{wg}}^{\wedge} + h_{\text{wn}}^{\wedge} + 1 \text{ м}, \quad (3.1)$$

где  $H_{\text{г}}$  - геометрическая высота подъема воды (разность отметок уровней воды в смесителе очистных сооружений и источнике), м;

$h_{\text{wg}}^{\wedge} \cdot n$  - потери напора во всасывающем трубопроводе, принимаем равными 1,5 м;

$h_{\text{wH}} \cdot n$  - потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от насосной станции до очистных сооружений, принимаем равными 2,0 м;

10 - запас напора, м.

Геометрическая высота подъема определяется как разность воды в напорном баке воды очистных сооружений при полном его затоплении и самого низкого уровня воды во всасывающей камере берегового колодца, по формулам

$$H = z_{\text{н.б.}} - z_{\text{е.к.}} = 53,5 - 52,3 = 11,2 \text{ м}, \quad (3.2)$$

где  $z_{\text{н.б.}}$  - отметка уровня воды в напорном баке, м;

$z_{\text{е.к.}}$  - отметка наинизшего уровня воды во всасывающей камере берегового колодца, м.

$$H = 11,2 + 1,5 + 2 + 1 = 15,7 \text{ м.}$$

Принимаем насос марки Д 800 - 57 (2 раб., 1 рез.) со следующими техническими характеристиками:

подача - 902,87 м<sup>3</sup>/час; напор - 15,7 м;

мощность электродвигателя типа АОЗ-3558-4УЗ - 250 кВт;

частота оборотов - 1485 мин<sup>-1</sup>;

напряжение - 380/660В;

диаметр рабочего колеса - 360 мм.

### 3.2 Насосная станция II подъема

Насосами этой станции подается очищенная вода из резервуаров чистой воды (РЧВ) непосредственно к потребителю. Поэтому подачу насосной станции II подъема определяют в зависимости от режима водопотребления населенного пункта.

По данным расчета часовой неравномерности водопотребления. строим график водопотребления города. График режима работы насосной станции II подъема принят из условия максимального приближения его к графику водопотребления.

Напор насосов станции II подъема определяют после полного расчета сети. Напор на станции должен быть достаточным для обеспечения требуемого свободного напора в сети населенного пункта с учетом потерь напора в сети и рельефа местности.

Зная полную емкость бака одной водонапорной башни, задаваясь величиной диаметра бака  $BБ=10M$ , можно определить высоту полного наполнения бака водонапорной башни.

Полная высота бака

$$H_{\text{в}} - \text{ж-Дл} - 3,14 \cdot 10^2 - 12 \text{ м.} \quad (3.3)$$

Высота водонапорной башни определяется, так чтобы при питании из башни был обеспечен требуемый свободный напор в наиболее удаленной (диктующей) точке при низком уровне воды в баке либо по пьезометрическому графику, как разность отметок пьезометрического напора и геодезической высоты в месте установки водонапорной башни, либо по формуле

$$Z_{\text{дм}} + X + Z_{\text{св}}, \quad (3.4)$$

где  $Z_{\text{д}}^{\wedge}$  - геодезическая отметка поверхности земли соответственно в диктующей точке и месте расположения водонапорной башни;

$X$  - сумма потерь напора в участках сети в период наибольшего водопотребления, м; сумму потерь напора определяют путем расчета водонапорной сети, принимается равной 2,5 м;

$H_{\text{св}}$  - требуемый свободный напор над поверхностью земли в диктующей точке, определяется по формуле

$$H_{\text{св}} = 4 + 10 - 4 - (5-1) + 10 = 26 \text{ м;} \quad (3.5)$$

$$H_{\text{в}} = 20,178 + 26 + 2,5 = 48,68 \text{ м.}$$

### 3.2.1 Определение требуемого напора насосов

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_n = H_z + h_{w\text{вс}} + h_{wH}, \quad (3.6)$$

где  $H_{\text{вс}}$  - потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{w\text{ил}}$  - потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от НС до ВБ.

Геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле

$$H_n = H_z + \quad + H_{\text{б}} = (536 - 524,2) + 48,68 + 12 = 72,48 \text{ м}, \quad (3.7)$$

где  $H_z$  - разность отметок поверхности земли у водонапорной башни  $7_{\text{вб}}$  и расчетного (пожарного) уровня в резервуаре чистой воды  $Z_n$ -

$$H_n = 72,48 + 0,09 + 0,06 = 72,63 \text{ м}.$$

#### *Подбор насосов*

Насосы в насосной станции II подъема, как правило, работают совместно, в параллельном режиме подачи воды в водовод, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемой подаче  $Q_n = 820,98 \text{ м}^3/\text{час}$  и напору  $H_n = 72,63 \text{ м}$ . По сводному графику рабочих зон насосов предварительно намечается марка насосов. Окончательный выбор производится по рабочим характеристикам насосов:

Принимаем насос марки Д 1250 -65. Принимаем 3 насоса марки Д 1250-65 со следующими техническими характеристиками:

подача -  $820,98 \text{ м}^3/\text{час}$ ; напор -  $72,63 \text{ м}$ ;

мощность электродвигателя типа СД12 -42 - 4УЗ -  $500 \text{ кВт}$ ;

частота оборотов -  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ;

напряжение -  $6000 \text{ В}$ ;

диаметр рабочего колеса -  $460 \text{ мм}$

## 4 Расчет и проектирование станций водоподготовки

### 4.1 Очистные сооружения

#### 4.1.1 Качество воды в источнике

Требования к качеству питьевой воды и ее химический и санитарно-бактериологический анализ - основные исходные данные для проектирования сооружений водоподготовки приведены в таблице 1.1.

#### 4.1.2 Производительность водопроводных очистных сооружений

Водопроводные очистные сооружения рассчитываются на равномерную работу в течение суток. Расход воды, обрабатываемой на очистных сооружениях, должен учитывать расход воды, используемой на собственные нужды водоочистой станции (промывка фильтров, периодическая санитарная очистка остальных сооружений), и дополнительный расход воды на пополнение противопожарного запаса.

Расчетный расход воды  $Q_{\text{рас}}$ , м<sup>3</sup>/сут, поступающей на водопроводную станцию определяется по формуле

$$Q_{\text{рас}} = a \cdot Q_n + Q_b, \quad (4.1)$$

где  $a$  - коэффициент, учитывающий расход воды, используемый на собственные нужды станции водоподготовки, 1,06 (СП 31.13330.2012);

$Q_n$  - полезная производительность станции, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_b$  - дополнительный расход на пополнение противопожарного запаса воды, м<sup>3</sup>/сут, определяется по формуле

$$Q_{\text{доп}} = T_{\text{пож}} \cdot 3,6 \cdot \frac{q_{\text{н}} + n_{\text{н}} + q_{\text{нр}}}{3} + 3,6 \cdot (3 \cdot 40 + 1 \cdot 25) = 1566 \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}. \quad (4.2)$$



где  $n$  - расчетное количество пожаров соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии, принимается по СП 8.13130.2009;

$q$  - расход воды на тушение одного пожара, соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии л/с;

$T_{пож}$  - то же что и в формуле (1.17).

Производительность сооружений водоподготовки составит

$$Q^{\wedge} = 1,06 \cdot 39407,36 + 1566 = 43337,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетный часовой расход  $q''' = 43^{\wedge} 4 - 8 = 1805,7 \text{ м}^3/\text{ч.}$

$$\text{Секундный расход } q''',^{\wedge} = \frac{1805,7}{3,6} = 501,6 \text{ л/с.}$$

#### **4.13 Выбор технологической схемы водоподготовки**

Состав сооружений по очистке природной воды определяется в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, требований к качеству питьевой воды, а также производительности сооружений. Выбор технологии очистки осуществляется в соответствии с рекомендациями СП 31.13330.2012, приложение Б, таблица Б.3.

Принимаем следующую технологическую схему обработки воды:

обработка гипохлоритом натрия для удаления органических загрязнений, обуславливающих цветность воды, а также болезнетворных бактерий и микроорганизмов<sup>^</sup> обработка коагулянтами и флокулянтами для агрегации тонкодисперсных и коллоидных взвешенных веществ и снижения электрокинетических сил отталкиваниям реагентное осветление и фильтрование в контактных осветлителях м предварительное обеззараживание гипохлоритом натрия м вторичное УФ - излучением.

#### 4.1.4 Расчет технологических параметров сооружений

##### *Реагентное хозяйство*

Определяем дозы реагентов.

В качестве коагулянта принимаем коагулянт нового поколения - гидроксохлорид алюминия с массовой долей основного вещества в пересчете на  $Al_2O_3$  не менее 42 %. Использование этого коагулянта интенсифицирует процесс водоподготовки и улучшает качество воды. Этот коагулянт эффективен при обработке воды с температурой от 0 до  $+10^{\circ}C$ . Доза этого коагулянта в 15 раз меньше по сравнению с сульфатом алюминия. Тогда коагулянта составит 17 мг/л.

Для обработки цветных вод доза коагулянта по безводному продукту  $D_{\text{к}}$ , мг/л, определяется по формуле

$$D_{\text{к}} = 44C - 742 - 25,9 \text{ мг/л}, \quad (4.3)$$

где  $C$  - цветность обрабатываемой воды, град., 42.

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности принимается большая из доз. Для улучшения процесса хлопьеобразования определяем требуемую дозу подщелачивающего реагента  $D_{\text{щ}}$ , мг/л, по формуле

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} - Щ_0 + 1^{\wedge}, \quad (4.4)$$

где  $K_{\text{щ}}$  - эквивалентная масса безводного коагулянта, мг-экв/л, для  $Al_2(SO_4)_3$  - 57;

$1^{\wedge}$  - коэффициент, учитывающий количество щелочи, необходимое для подщелачивания на 1 мг-экв/л, для извести - 28;

$Щ_0$  - минимальная щелочность воды, мг-экв/л, 13.

$$D_{28} = 17 - 1,3 + 1^{-0,05}, \text{ мг/л.}$$

Так как щелочность воды достаточная то в подщелачивание при коагулировании не требуется.

Интенсификация процесса осветления осуществляется при добавлении в воду после обработки коагулянтом высокомолекулярного соединения - флокулянта. При добавлении флокулянта происходит ускорение слипания агрегативно неустойчивых твердых частиц. Интенсифицирующее действие флокулянта вызвано адсорбцией его молекул на частицах взвеси и хлопьях коагулянта, что ведет к их быстрому укрупнению и ускорению осаждения.

Производительность мешалки для приготовления раствора «Праестол»

$$Q_{\text{меш}} = \frac{Q_{\text{праестол}}}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{43337,8 \cdot 0,3}{24 \cdot 60 \cdot 60} \frac{\text{л} \cdot \text{с} / \text{Ю}}{0,542 \text{ кг} / \text{ч}} = \frac{0,000542}{(4-5)}$$

Принимаем одну мешалку конструкции ПКБ АКХ производительностью 6 кг/час, мощность 191 кВт. Флокулянт «Праестол» средней катионной активности марки 650 TR.

Флокулянт применяют в виде рабочего раствора с концентрацией 0,1%. Ввод флокулянта осуществляется через 3-5 минут после обработки воды коагулянтом.

*Определение размеров растворных и расходных баков для коагулянта*

Емкость растворного бака Шр, м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$V_{\text{Шр}} = \frac{Q_{\text{МВ}}}{\rho} \leq V_{\text{н}} \quad (4-5)$$

где  $Q_{\text{МВ}}$  - часовой расход обрабатываемой воды, 1805,7 м<sup>3</sup>/ч;

$\rho$  - максимальная доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, мг/л, 35 мг/л;

$b_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке, 10%;  $\gamma$  - объемный вес раствора коагулянта, 1 т/м<sup>3</sup>;

$n$  - время, на которое заготавливают раствор коагулянта, принимаем 12 ч.

$$W_p = \frac{1805,7 \cdot 12 \cdot 1^3}{10000 \cdot 10 \cdot 1} = 3,68 \text{ м}^3.$$

Принимаем один бак емкостью 3,68 м<sup>3</sup>. Размеры бака: ширина  $b=1,3$  м; длина  $l=2,0$  м; высота  $h=1,4$  м, при высоте слоя раствора 1,05 м.

Емкость расходного бака  $W$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \quad (4.7)$$

где  $b_p$  - концентрация раствора коагулянта в растворном баке, %, 10 %;

$b$  - концентрация рабочего раствора в расходном баке, 5 %.

$$W = \frac{3,68 \cdot 10}{5} = 7,36 \text{ м}^3.$$

Принимаем два расходных бака емкостью 7,36 м<sup>3</sup> каждый со следующими габаритами: ширина  $b=1,67$  м; длина  $l=2,0$  м; высота  $h=2,2$  м, высота слоя раствора 2,0 м.

#### *Расчет воздухоудовок и еоздохоеодое*

Для интенсификации процессов растворения коагулянта и перемешивания раствора в растворных и расходных баках предусматривается подача сжатого воздуха.

Интенсивность подачи воздуха принимается: для растворения коагулянта 8 - 10 л/сек-м<sup>2</sup>, для его перемешивания при разбавлении до нужной концентрации в расходных баках 3 - 5 л/сек-м<sup>2</sup>.

Расчетный расход воздуха  $d_{\text{возд}}$ , л/с, определяется по формуле

$$q_{\text{возд}} = F, \quad (4.8)$$

где  $f$  — интенсивность подачи воздуха, л/с-м<sup>2</sup>;

$F$  — суммарная площадь дна растворных или расходных баков, м<sup>2</sup>.

Расход воздуха для растворных баков составит

$$q'_{\text{возд}} = 9 - 2,63 = 23,67 \text{ л/с},$$

где  $O = 8 \cdot 10$  л/с-м<sup>2</sup> — интенсивность подачи воздуха при растворении коагулянта.

Расход воздуха для расходных баков при площади 3,35 м<sup>2</sup> и интенсивности подачи 5 л/с-м<sup>2</sup> равен

$$q''_{\text{возд}} = 5 \cdot 3,35 = 16,75 \text{ л/с}.$$

Общий расход воздуха

$$q_{\text{в,общ}} = 23,67 + 16,75 = 40,42 \text{ л/с}. \quad (4.9)$$

Для подачи воздуха устанавливаем воздухоувку марки ВК-3 (2 рабочих, 1 резервная), производительностью  $Q = 3 \text{ м}^3/\text{мин}$ , с мощностью электродвигателя 15 кВт,  $n=1450$  об/мин.

Скорость движения воздуха в трубопроводе определяется по формуле

$$V = \frac{W}{60(p+1) - 0,785 - \frac{3}{60 - (1,5 + 1) - 0,785 - 0,08^2}} = 3,98 \text{ м/с}, \quad (4.10)$$

где  $W$  — производительность воздухоувки, 198 м<sup>3</sup>/мин;

$p$  — давление в воздухопроводе, 15 кгс/см<sup>2</sup>;

$d = 30 \div 80$  мм - диаметр воздухопровода.

Полученная скорость является допустимой.

Вес сухого воздуха  $G$ , кг/ч, проходящего через воздухопровод в течение часа

$$G = 60 \cdot W \cdot \gamma = 60 \cdot 31,917 \cdot 345,06 \text{ кг/ч}, \quad (4.11)$$

где  $\gamma$  - удельный вес сухого воздуха,  $1,917 \text{ кг/м}^3$ .

Потери давления воздуха определяют по формуле

$$P_1 = \frac{12,5 \cdot P \cdot G^2 \cdot l}{\gamma d^5} = \frac{12,5 \cdot 1,21 \cdot 345,06^2 \cdot 20}{1,917^2 \cdot 80^5} = 0,0057 \text{ кг/с/м}^2$$

где  $P$  - коэффициент сопротивления, принимаемый в зависимости от величины  $G$ , табл. 18 [5], 1,21;

$G$  - вес воздуха, проходящего через трубопровод в течение часа,  $345,06 \text{ кг/ч}$ ;

$l$  - длина воздухопровода,  $20 \text{ м}$ ;

$d$  - диаметр труб,  $80 \text{ мм}$ ;

$\gamma$  - удельный вес сухого воздуха, принимаемый по данным табл. [5],  $1,917 \text{ кг/м}^3$ .

Потери напора в фасонных частях воздухопровода определяем по формуле

$$p_2 = 0,063 \cdot \sum \xi = 0,063 \cdot 3,98 \cdot 10,5 = 10,48 \text{ мм. в. ст.}, \quad (4.13)$$

где  $\sum \xi = 3,98 \cdot 10,5$  - сумма коэффициентов местного сопротивления (для прямоугольных колен).

$$p_2 = 0,001 \text{ атм.}$$

Следовательно  $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 = 0,0057 + 0,001 = 0,0067 \text{ атм}$ , развиваемого воздуходувкой ВК-3. Помимо магистрального воздухопровода диаметром  $d=80$

мм устраиваются ответвления диаметрами по 50 мм, система стояков и горизонтальных распределительных дырчатых шлангов диаметрами по 38 мм, расположенных на расстоянии 500 мм друг от друга под решетками растворных баков и по дну расходных баков.

Для загрузки растворных баков реагентами предусматривается вагонетка грузоподъемностью до 1 т (при емкости 0,5 м³) с опрокидывающимся кузовом, а для удаления шлама из растворных баков - вагонетка без кузова, оборудованная бадьей грузоподъемностью 0,5 т. В здании реагентного хозяйства предусматривается установка тельфера грузоподъемностью 1 т.

Стенки и дно железобетонных баков для растворов реагента покрывается кислотостойкими плитками на кислотостойкой замазке или оклеивается по периметру рубероидом с защитой его изнутри дощатыми щитами.

#### *Склады реагентов*

Для хранения коагулянта необходимо устройство склада, рассчитанного на 15-30-ти суточную потребность.

Склады примыкают к помещению, где установлены баки для приготовления раствора коагулянта.

Площадь склада для коагулянта определяется по формуле

$$F_{ск} = \frac{Q_{сут} \cdot D_k \cdot T \cdot a}{10000 \cdot G_o} = \frac{43337,8 \cdot 17 \cdot 15 \cdot 1,15}{10000 \cdot 33,5 \cdot 1,1 \cdot 2} = 17,2 \text{ м}^2 \quad (4.14) \quad \text{л л л л}$$

где  $Q_{сут}$  - полная производительность очистной станции, 43337,8 м³/сут;

$D_k$  - расчетная доза коагулянта, 17 г/м³;

$T$  - продолжительность хранения коагулянта на складе, 15 сут;

$a$  - коэффициент для учета дополнительной площади проходов на складе, 1,15;

$P_c$  - содержание безводного продукта в коагулянте, 33,5 %;

$G_o$  - объемный вес коагулянта при загрузке склада навалом, 1,1 т/м³;

$\kappa^{\wedge}$  - допустимая высота слоя коагулянта на складе, для сернокислого алюминия 2 м.

*Дозирование раствора коагулянта*

Емкость шайбового дозатора

где  $\tau$  - число часов непрерывного действия дозатора;

$B = 4 - 10\%$  - концентрация растворов реагента;

$\gamma = 1,071$  - удельный вес раствора реагента;

$D_k = 17$  мг/л.

Максимальная высота слоя раствора реагента в дозаторе

$$H_1 = \frac{100 \cdot W}{\gamma \cdot B \cdot \tau \cdot D_k} = 2,04 \text{ м.} \quad (4.16)$$

Диаметр цилиндрического корпуса дозатора

$$d = H/2 = 1,02 \text{ м.} \quad (4.17)$$

Перепад давления, создаваемый дроссельной шайбой

$$\Delta P = (\gamma - 1) \cdot \left( \frac{100H}{\tau} + 3 \cdot i \cdot h^{\wedge} \right) \quad (4.18)$$

$$(1,08 - 1) \cdot 55 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^3 + 3 \cdot 0,15 = 2,522 \text{ м. вод. ст.,}$$

где  $H = 5,5$  м - высота подачи раствора из дозатора в трубопровод исходной воды;



1 л = 10 % - ТООСТЬ дозировки;

$h = 0,15 \text{ м. вод. ст}$  - гидравлическое сопротивление.

Диаметр шайбы

$$4,27 - \sqrt{4,27 - \frac{1805}{7}} = 186 \text{ мм}, \quad (4.19)$$

где  $a$  - коэффициент истечения, принимается равным 0,610,7.

#### *Расчет вертикального смесителя*

Смесители применяются для равномерного распределения реагентов в массе обрабатываемой воды, в следствии которого более благоприятно протекают последующие реакции хлопьеобразования. Смешение должно быть быстрым, время смешения составляет 1-2 мин.

Вертикальный смеситель применяется на водоочистных станциях средней и большой производительности при условии, что на один смеситель будет приходиться расход воды не свыше 1200-1500 м<sup>3</sup>/ч.

Проектируем два вертикальных смесителя квадратного в плане сечения, с пирамидальной нижней частью.

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя

$$Q_{\text{час}} = \frac{902,85}{3,6} = 250,79 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.20)$$

где  $K_v = 90 \text{ л/100 м}^3/\text{ч}$  - скорость восходящего движения воды.

Сторона квадратной верхней части смесителя

$$a = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{час}}}{K_v}} = \sqrt[3]{\frac{250,79}{90}} = 1,38 \text{ м.}$$

Трубопровод, подающий обрабатываемую воду  $q=0,251 \text{ м}^3/\text{с}$  в нижнюю часть смесителя с входной скоростью  $w=1,2 \text{ м/с}$ , будет иметь внутренний диаметр

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,251}{\pi \cdot 1,2}} = 0,56 \text{ м}.$$

Принимаем внутренний диаметр подводящего трубопровода  $d_{\text{вн}}=600 \text{ мм}$ .

Так как внешний диаметр подводящего трубопровода равен:  $d_{\text{вн}}=630 \text{ мм}$  (ГОСТ 10704-91\*), то размер в плане нижней части смесителя в месте примыкания этого трубопровода должен быть  $0,63 \times 0,63 \text{ м}$ , а площадь нижней части усеченной пирамиды составит

$$F_{\text{дн}} = 0,63^2 = 0,3969 \text{ м}^2.$$

Принимаем величину центрального угла  $\alpha=40^\circ$ . Тогда высота нижней (пирамидальной) части смесителя составит

$$h_{\text{дн}} = 0,5' (B_{\text{вн}} - b_{\text{вн}})' \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = 0,5' (3,08 - 0,63)' \operatorname{ctg} 20^\circ = 3,37 \text{ м}. \quad (4.24)$$

Объем пирамидальной части смесителя

$$V_{\text{дн}} = \frac{1}{3} h_{\text{дн}} \cdot (F_{\text{вн}} + F_{\text{дн}} + \sqrt{F_{\text{вн}} \cdot F_{\text{дн}}}) = \quad (4.25)$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 3,37' (9,5 + 0,3969 + \sqrt{9,5 \cdot 0,3969}) = 13,3 \text{ м}^3.$$

Полный объем смесителя

$$w = \frac{Q}{60} = \frac{1367}{60} = 22,78 \text{ м}^3.$$

где  $t = 1,5$  мин - продолжительность смешивания

Объем верхней части смесителя

$$= W - w = 22,78 - 13,3 = 9,48 \text{ м}^3.$$

Высота верхней части смесителя

$$= H = \frac{V}{F} = \frac{9,48}{12} = 0,79 \text{ м}.$$

Полная высота смесителя

$$H_{\text{п}} = H + H_{\text{н}} = 0,98 + 3,37 = 4,35 \text{ м}. \quad (4.29)$$

*Сбор воды периферийным лотком*

Сбор воды производится в верхней части смесителя периферийным лотком через затопленные отверстия. Скорость движения воды в лотке  $v = 0,6$  м/с.

Вода, протекающая по лоткам в направлении бокового кармана, разделяется на два параллельных потока.

Поэтому расчетный расход каждого потока будет определяться по формуле

Расход воды в лотке

$$Q_{\text{л}} = F \cdot v = 12 \cdot 0,6 = 7,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площадь живого сечения лотка

$$4^{1/2}, 2$$

Высота слоя воды в лотке

$$0,78 \text{ м},$$

где  $b = 0,27$  - ширина лотка.

Площадь затопленных отверстий в стенках лотка

$$F_{\text{отв}} = \frac{902,85}{1 - 3600} \cdot 0,2, \text{ м}^2$$

где  $V_o = 1 \text{ м/с}$  скорость движения воды через отверстия.

Площадь одного отверстия

$$F_{\text{отв}} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,08^2 = 0,00503 \text{ м}^2,$$

где  $d_o = 80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$  - диаметр отверстия

Общее потребное количество отверстий

$$n_{\text{отв}} = \frac{49,7}{0,00503} \approx 49,7 \approx 50 \text{ шт.}$$

Эти отверстия размещаются по боковой поверхности лотка на глубине  $B_o = 110 \text{ мм}$  от верхней кромки лотка до оси отверстия.

Из сборного лотка вода поступает в боковой карман. Размеры кармана принимаются конструктивно с тем, чтобы в нижней части его разместить отводящий воду из смесителя трубопровод.

Скорость движения воды в этом трубопроводе должна быть 0,8 - 1 м/сек, а время пребывания - не более 2 мин.

Внутренний периметр лотка

$$p_{\text{в}} = 4 \cdot [(B_{\text{г}} - 2 \cdot \{B, + 0,06\}) J_{\text{в}} + 4 \cdot [3,08 - 2(0,27 + 0,06)]] = 9,68 \text{ м.}$$

Шаг отверстий

$$, \quad P_{\text{д}} = 9,68$$

Расстояние между отверстиями

$$I_{\text{в}} / 0 - ^0 = 0,2 - 0,08 - 0,12 \text{ м.} \quad (4.38)$$

*Аэрирование воды в смесители*

Одним из методов интенсификации смешения коагулянта с водой является также пневматическое перемешивание за счет подачи в смеситель воздуха. Отмечается, что аэрация воды сокращает потребность в коагулянте, ускоряет формирование и осаждение хлопьев за счет отделения углекислоты, выделяющейся во время гидролиза коагулянта.

Аэрирование осуществляется при использовании любых технологических схем обработки воды в соответствии с СП 31.13330.2012.

При обработке воды с аэрированием необходимо соблюдение строгой последовательности ввода коагулянта и сжатого воздуха. Наибольший эффект аэрирования обеспечивается введением диспергированного воздуха в период гидролиза коагулянта и образования микрохлопьев.

Интервал между вводом коагулянта и воздуха следует принимать 10-20 с - время, необходимое для смешения коагулянта с водой и начала его гидролиза.

Раствор коагулянта следует вводить в подающий трубопровод или при входе воды в смеситель, а диспергированный воздух - непосредственно в смеситель.

Время аэрирования равно времени пребывания воды в смесителе.

Аэраторы в смесителях располагают на глубине не менее 3 м от поверхности воды.

Во избежание подсоса воздуха в трубопровод, отводящий воду из смесителя, водосборные лотки должны работать с подтоплением (открытый перелив исключается); над трубопроводом необходимо предусматривать отражательный щит. Наилучшим вариантом является применение водосборных лотков с затопленными окнами. Устройство самостоятельного воздухоотделителя после смесителя-аэратора не требуется.

Распределение воздуха в смесителях может быть осуществлено с помощью фильтросных устройств или перфорированных труб. Фильтросы позволяют получить более мелкое дробление пузырьков, при котором расход воздуха для аэрации воды снижается. Однако сопротивление фильтросов значительно выше, и они быстро загрязняются, что влечет за собой частую промывку их и перерасход электроэнергии, поэтому чаще всего применяются аэраторы из перфорированных труб.

Для обеспечения равномерности распределения воздуха дырчатые трубы аэратора нужно располагать строго горизонтально. Аэраторы располагаются в вихревых смесителях - в конической его части на высоте 1,52 м над входным отверстием. Наименьшая высота расположения аэратора в вихревых смесителях принимается при наклоне стенок нижней части, равном 45°. Отверстия в трубах аэратора просверливают диаметром 3-4 мм по одной или двум образующим с постоянным шагом.

Все отверстия должны быть направлены вниз по вертикальной оси или под углом 45° к ней. Для предотвращения слипания пузырьков минимальное расстояние между отверстиями должно быть не менее 10-ти диаметров распределительной трубы.

Расчетный расход воздуха  $d_{\text{возд}}$ , л/с, определяется по формуле

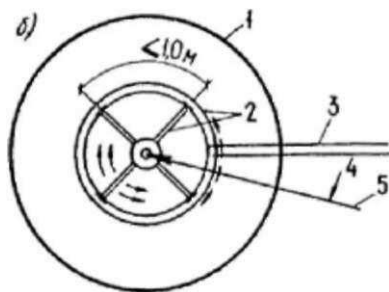
(4.39)

где  $co$ - интенсивность подачи воздуха, принимается 25,1 л/с-м<sup>2</sup>;

$F$  - площадь смесителя равная 5,19 м<sup>2</sup>.

$$d_{\text{возд}} = 25,1 \cdot 5,19 = 130,3 \text{ л/с}$$

Принимаем воздуходувку марки ВК-12 (2 рабочих, 1 резервная), производительностью  $Q = 104 \text{ м}^3/\text{мин}$ , с мощностью электродвигателя 22 кВт,



1 - корпус смесителя; 2 - дырчатые ответвления для распределения воздуха; 3 - магистраль (коллектор) для подачи воздуха; 4 - подача коагулянта; 5 - подача воды.

Рисунок 2.5 - Трубчатый аэратор

*Суженный участок для ввода реагента*

Диаметр одного подводящего водовода

$$D_{\text{ж-У}} = \sqrt[4]{\frac{Q}{V}} = \sqrt[4]{\frac{0,5016}{3,14 \cdot 1}} = 0,8 \text{ м,}$$

0,5016 м<sup>3</sup>/с - расход воды в водоводе;

$V = 1,2 \text{ м/с}$  - скорость движения воды в подводящем водоводе.

Определим скорость и диаметр суженного участка трубопровода. Задаемся диаметром  $d = 500 \text{ мм}$ .

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0,501 \text{ м}^3/\text{с}}{0,5^2 \cdot 3,14} = 2,55 \text{ м/с}.$$

Диаметр суженного участка

$$d_{\text{сж}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5016}{3,14 \cdot 2,55}} = 0,5 \text{ м}.$$

Потери напора в суженном участке

$$\Delta h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{2,55^2 - 1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,196 \text{ м}.$$

где  $v_2, v_1$  - скорости движения воды соответственно в трубе нормального сечения и в суженной части трубопровода.

Площадь поперечного сечения водовода

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196 \text{ м}^2.$$

Площадь поперечного сечения суженного участка

$$F_{\text{сж}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{сж}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196 \text{ м}^2.$$

Отношение площадей сечений

$$m = F_1 / F_2 = 0,502 / 0,196 = 2,6 \ll 3.$$

Разность отметок уровней воды в пьезометрах



$$Q = \frac{0,5016}{0,98 - 0,5024^2 - 9,81} = 0,42 \text{ М,}$$

где  $Q_c = 0,5016 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$u = 0,98$  - коэффициент расхода;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

### *Контактные осветлители*

Контактный осветлитель представляет собой сооружение для осветления и обесцвечивания воды, совмещающее функции камеры хлопьеобразования, отстойника и скорого фильтра.

Действие контактного осветлителя основано на принципе «контактной коагуляции», которая происходит при фильтровании воды через зернистую массу (если введен коагулянт). В этих условиях коагуляция происходит более интенсивно, чем в свободном объеме воды (т.е. в хлопьеобразователях и отстойниках).

Контактный осветлитель заполнен сверху слоем песка с крупностью зерен 0,5-2 мм толщиной слоя 2 м, а снизу - гравием с крупностью зерен 2-4 мм и толщиной слоем 50 мм.

Объем входной камеры

$$V_{\text{вх.к}} = \frac{Q_c \cdot t}{60} = \frac{0,5016 \cdot 2}{60} = 0,0167 \text{ м}^3,$$

где  $t = 2$  мин - время пребывания воды в камере.

Площадь камеры

$$F_{\text{вх.к}} = \frac{V_{\text{вх.к}}}{h} = \frac{0,0167}{0,8} = 0,0209 \text{ м}^2,$$

где  $h_0 = 3$  м. Принимаем 1 входную камеру размерами в плане 4,5 х 4,5 м.

Площадь сеток в камере

$$F_c = \frac{Q}{3600 \cdot V_c} = \frac{4}{3600 \cdot 0,25} = 2 \text{ м}^2,$$

где  $V_c = 0,2-0,3$  м/с - скорость прохода воды через сетки.

Высота конической части камеры

$$h_{\text{кон}} = \bullet \cdot \text{ctg} 90^\circ - a \cdot 1 = 2,7 \text{ м}, \quad (4.51)$$

где  $a = 50^\circ$  - угол наклона стенок к горизонту;  $\bullet$  - ширина камеры, м

Полная высота камеры

$$H = h + h_{\text{кон}} = 3 + 2,7 = 5,7 \text{ м}.$$

Площадь контактного осветлителя

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{\bullet \cdot p \cdot H} = \frac{43337,8}{24 \cdot 5 \cdot 3,6 \cdot 3 \cdot 15 \cdot 0,133 \cdot 3 \cdot 0,33 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 0,17 \cdot 5} = 2 \text{ м}^2, \quad (4.53)$$

где  $T = 24$  ч - время работы станции в течение суток;

$U_n = 5$  м/с - скорость движения при нормальном режиме;

$w = 15$  л/м<sup>2</sup> с - интенсивность промывки;

$n = 3$  число промывок за сутки;

$\tau_1 = 0,133$  ч;  $\tau_2 = 0,33$  ч;  $\tau_5 = 0,17$  ч;

Число контактных осветлителей

$$NO = \frac{F}{0,5 \cdot 476} = 11 \text{ шт.}$$

Площадь одного контактного осветлителя

$$/k.o.= \quad = 4 \cdot 5 = 433 \text{ м}^2 \quad (L=7 \text{ м}; B=6 \text{ м})$$

По типовому проекту принимаем 6 контактных осветлителей, с площадью одного контактного осветлителя  $/_{к.о.} = 28 \text{ м}^2$  (L=7м; B=4м).

Принимаем контактный осветлитель с центральным сборным каналом, разделяющим его на два отделения; размер каждого отделения в плане принимаем 4 х 3,1 м. Таким образом площадь отделения 12,4 м<sup>2</sup>.

Скорость восходящего потока при форсированном режиме

$$= V_p^{\wedge\wedge\wedge} = 5 \quad = 6 \text{ м/ч}, \quad (4.56)$$

где  $N_i = 1$  - количество осветлителей, находящихся в ремонте.

*Трубчатая распределительная система*

Расход промывной воды на один контактный осветлитель (одновременно промываются оба отделения)

$$= J^{\wedge o- co} = 28 \cdot 15 \text{ лс} \cdot \text{м}^2 = 420 \wedge 0,42 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При наличии двух отделений на каждый коллектор распределительной системы контактного осветлителя приходится расход промывной воды

$$'_{кол} \quad 2 \quad 2 \quad 0,21 \text{ м}^3/\text{с} = 210 \text{ л/сек} -$$

Диаметр коллектора

$$n_{\text{кол}} = \frac{Q_{\text{кол}}}{V_{\text{кол}}} = \frac{0,5 \text{ м}^3}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 0,5 \text{ м}} = 500 \text{ шт.}$$

Наружный диаметр по ГОСТ  $D = 530 \text{ мм.}$

Так как шаг оси ответвлений должен быть  $l = 0,25 \cdot 0,35 \text{ м}$ , то количество ответвлений в каждом отделении контактного осветителя будет

$$m = \frac{L}{l} = \frac{2}{0,0875} = 23 \text{ шт.}$$

Расход промывной воды на одно ответвление

$$Q_{\text{отв}} = \frac{Q_{\text{кол}}}{m} = \frac{0,5 \text{ м}^3}{23} = 0,0217 \text{ м}^3$$

Число отверстий ответвлений

$$n_{\text{отв}} = \frac{Q_{\text{отв}}}{q} = \frac{0,0217}{0,0026} = 8,35$$

где  $d_o = 10-12 \text{ мм}$  - диаметр отверстий в ответвлениях;

$a = 0,002$  - отношение площади всех отверстий к площади ответвления.

Диаметр ответвления

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{отв}}}{\pi \cdot a}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00808}{\pi \cdot 0,002}} = 0,70 \text{ м}$$

где  $v_{\text{доп}} = 1,95 \text{ м/с}$ . Допустимая скорость в трубопроводах распределительной системы должна быть не более  $1,8 \cdot 2 \text{ м/с}$ .

Шаг оси отверстий

$$L = \frac{1}{n} = \frac{1}{285} = 0,0035 \text{ м}$$

Отвод промывной воды

Расход промывной воды на один желоб

$$= = = 0,105 \text{ м}^3/\text{с}.$$

где  $n_{\text{ж}} = 4$  - количество желобов

Ширина желоба:

$$B = K \cdot \sqrt[0,105]{(1,57 + a)^3 - (1,57 + 1,5)^3} = 0,42 \text{ м}.$$

где  $K = 2$  - для желоба с полукруглым лотком;

$a = 1 \div 1,5$  - отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его высоты.

Уточняя полученные размеры найдем ширину желоба:  $B = 0,39$  м; конструктивную высоту  $h_{\text{к}} = 0,55$  м; скорость движения воды в конце желоба  $u = 0,6$  м/с.

Высота кромки желоба над поверхностью контактного осветлителя

$$L_{\text{ш}} = L \cdot \sqrt[0,3]{0,54} = 0,3 \text{ м}.$$

где  $H_{\text{ф}}$  - высота фильтрующей загрузки 0,8 мм;  $l$  - относительное расширение фильтрующей загрузки;

Расчет воды на промывку фильтра

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ф}} \cdot \sqrt[0,3]{18(5,4 \cdot 100\% - 75\%)} = 4,69$$

Время работы фильтра между промывками частей

$$T = 8 - (1 + 0,133 + 0,33 + 0,17) = 7,37 \text{ ч.} \quad (4.70)$$

где  $t_1 = 0,1$  ч - продолжительность промывки;

$t_2 = 0,33$  ч - простой осветлителя в связи с промывкой;

$t_3 = 0,17$  ч - продолжительность сброса в сток;

$T = 8$  - 12 рабочий фильтроцикл.

#### Расчет сборного канала

Промывная воды из желобов двух отделений контактного осветлителя свободно изливается в центральный сборный канал, откуда отводится в сток.

Сечение центрального сборного канала прямоугольное, а ширина канала по условиям эксплуатации надо принять не менее  $B_{\text{кан}} = 0,7$  м.

При отводе промывной воды с контактного осветлителя сборный канал должен предотвращать создание подпора на выходе воды из желобов. Поэтому расстояние от дна желоба до дна сборного канала должно быть не менее

$$h_{\text{кан}} = \frac{Q_{\text{кан}}^2}{g B_{\text{кан}}^3} + 0,2 = \frac{1,73^2}{9,81 \cdot 0,7^3} + 0,2 = 0,57 \text{ м.} \quad (4.71)$$

Площадь сечения

$$F_{\text{кан}} = B_{\text{кан}} \cdot h_{\text{кан}} = 0,7 \cdot 0,57 = 0,399 \text{ м}^2.$$

Скорость движения воды в канале

$$V_{\text{кан}} = \frac{Q_{\text{кан}}}{F_{\text{кан}}} = \frac{1,73}{0,399} = 4,34 \text{ м/с, т.е. больше минимально допустимой скорости}$$

при форсированном режиме  $V_{\text{кан}} = 0,8 \text{ м/с.}$

### Потери напора при промывке контактного осветлителя

Потери напора складываются из следующих величин:

а) потери напора в отверстиях труб распределительной системы осветлителя, определяют по формуле

$$h_{пр} = \frac{f^2}{a^2} + \frac{1}{2g} + \frac{1}{2g} = \frac{0,36^2}{0,36^2} + \frac{1}{2 \cdot 9,81} + \frac{1}{2 \cdot 9,81} = 1,585 \text{ м.} \quad (4.73)$$

где  $u_{ox}$  - скорость движения воды в коллекторе, 1,25 м/с;

$V_{пр}$  - то же, в распределительных трубах, 1,7 м/с;

$a$  - отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора,  $a = \frac{0,7}{0,7} = 0,7 = 0,36$ .

б) потери напора в фильтрующем слое, определяют по формуле

$$h' = (a + b \cdot co) \cdot H\phi = (0,7 + 0,017 \cdot 15) \cdot 0,8 = 0,764 \text{ м,}$$

где  $0J = 15 \text{ л/с м}^2$  - интенсивность промывки;

$a = 0,7$  - крупность зерен;

$b = 0,017$  - параметры для песка с крупностью зерен

$H\phi = 0,8 \text{ м}$  - высота фильтрующего слоя.

в) потери напора в гравийных поддерживающих слоях, определяют по формуле

$$h_{Jc} = 0,022 \cdot co = 0,022 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 15 = 0,162 \text{ м,} \quad (4.75)$$

где  $H_{nx} = 0,5 \text{ м}$  - высота поддерживающего слоя

г) потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы.

При длине трубопровода 100 м и диаметре трубопровода 500 мм, уклон  $i=0,00818$ .

$$I_{\text{т}} = i \cdot L = 0,00818 \cdot 100 = 0,82 \text{ м.}$$

д) потери напора на образование скорости во всасывающем и напорном трубопроводах насоса для подачи промывной воды

$$I_{\text{с}} = \frac{V^2}{2g} = \frac{2,7^2}{2 \cdot 9,8} = 0,37 \text{ м.}$$

е) потери напора на местные сопротивления в фасонных частях и арматуре определяются по формуле

$$I_{\text{м.с.}} = I^{\wedge} \cdot Z = 0,984 + 0,26 + 0,5 + 0,92 = 2,66 \text{ м.} \quad (4.78)$$

где  $I^{\wedge} = I^1 + I^3 + I^4$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений:

$I^1 = 0,984$  - для колена;

$I^3 = 0,26$  - для задвижек;

$I^4 = 0,5$  - для входа во всасывающую трубу;

$I^2 = 0,92$  - для тройника.

Полная величина потерь напора при промывке контактного осветлителя составит

$$I_{\text{п}} = I_{\text{рс}} + I_{\text{кф}} + I_{\text{нс}} + I_{\text{нт}} + I_{\text{нт}} + I_{\text{мс}} = 1,585 + 0,764 + 0,162 + 0,82 + 0,37 + 0,4 = 4,101 \text{ м.}$$



Геометрическая высота подъема воды  $h_1$  от дна резервуара чистой воды до верхней кромки желобов над осветлителем будет

$$H_2 = AН-+Я_ф+4,5=0,54+0,8м+4,5=5,84 \text{ м,}$$

где 0,7 м-высота кромки желоба над поверхностью осветлителя;

12 м—высота загрузки осветлителя;

4,5 м-глубина воды в резервуаре.

Напор, который должен развивать насос при промывке осветлителя, равен

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 5,84 + 4,10 + 1,5 = 11,44 \text{ м,}$$

где:  $h_3 = 1,5$  м - запас напора.

#### *Подбор насосов для промывки осветлителя*

Для подачи промывной воды в количестве 420 л/с принимаем центробежный насос марки Д 800 - 57 со следующими характеристиками:

количество оборотов  $n = 1485$  об/мин;

напряжение 380/660В;

диаметр рабочего колеса - 360 мм;

мощность электродвигателя - 250 кВт;

масса насоса - 1455 кг.

Устанавливаем 2 рабочих, 1 резервный агрегат.

#### *Фторирование воды*

Как показывает опыт использования для питьевых целей природных вод, содержащих фтор  $F$ , содержание фтора в воде не должно превышать определенные пределы. Недостаток фтора в используемой воде вызывает распространение среди населения кариеса зубов. Содержание фтора в соответствии ГОСТ 2874-82 в воде должно быть  $0,7^{1,5}$  мг/л. При

Для фторирования используют фтораторные установки, их оборудуют аппаратурой для приготовления реагента, растворов фторсодержащих веществ с малой растворимостью, например  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . Растворы готовят насыщенными или ненасыщенными. В первом случае используют сатураторы одинарного насыщения; во втором случае - расходные баки с механическим или воздушным перемешиванием.

$$\frac{D_{\text{л}}}{\phi} \cdot \frac{n \cdot a \cdot F}{L} \cdot \frac{1}{i_{\text{л}}} = \frac{1.1 - 0.3}{9} = 12 \text{ мГ/л}, \quad (4.82)$$

$a$  - содержание фтора в обработанной воде равно зимой 1 мг/л, а летом - 0,8 мг/л;

$C_f$  - содержание чистого вещества в техническом продукте, равное для  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  93 - 98% в зависимости от сорта.

$$O_H = \left[ \frac{a \cdot [F]}{f} \right]^{0.57} \cdot [1.1 - 0.3] \cdot \mathcal{K} = 485.07 \text{ Л/с}, \quad (4.83)$$

где  $K_{\text{н}} = 43$  г/л - концентрация насыщенного раствора в сатураторе;  $Q_{\text{и}}$  - расход воды в м<sup>3</sup>/ч.

В качестве фтористого реагента используют кремнефтористый натрий  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$

Площадь сечения цилиндрической части сатуратора

$$F = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \frac{485,07}{4} \cdot 3,14 \cdot 7 \text{ м}^2$$

где  $v = 0,05-0,1$  мм/с - скорость движения воды в цилиндрической части.

Диаметр сатуратора

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,347}{\pi}} = 1,31 \text{ м}.$$

Высота цилиндрической части сатуратора

$$H_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{и}}}{v \cdot F} = \frac{3,6}{0,1 \cdot 1,347} = 2,5 \text{ м}.$$

где  $t$  - время пребывания воды в сатураторе,  $t = 7$  ч (рекомендуемое  $t > 5$  ч).

Объем цилиндрической части сатуратора

$$V_{\text{ц}} = F \cdot H_{\text{ц}} = 1,347 \cdot 2,5 = 3,37 \text{ м}^3.$$

Высота нижней конической части сатуратора

$$H_{\text{к}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (D_{\text{с}} - d) \cdot \text{ctg}' T = 0,5 \cdot (1,31 - 0,35) \cdot \text{ctg} 30^\circ = 0,83 \text{ м}. \quad (4.88)$$

где  $d = 0,35$  м.

Объем нижней конической части сатуратора

$$= \frac{2 \cdot J_1 + 12 \cdot J_2}{1,31 \cdot 10^{3,5} \text{ A}} = \frac{1,31 \cdot 0,35}{0,6 \cdot 3} \quad (4.89)$$

Общий объем сатуратора

$$W_c = ЖЦ + Жк = 3,37 + 0,6 = 3,97 \text{ м}^3. \quad (4.90)$$

Общая высота сатуратора

$$H_c = НЦ + НК = 2,5 + 0,83 = 3,33 \text{ м}. \quad (4.91)$$

*Обеззараживание воды*

Обеззараживание воды предусмотрено гипохлоритом натрия с дозой 5 мг/л (по активной части), а окончательное обеззараживание УФ - излучением.

Обеззараживание - неременное условие подготовки воды для хозяйственно-питьевых целей. При обеззараживании в обрабатываемой воде уничтожаются патогенные бактерии и другие микроорганизмы.

Гипохлорит натрия (NaOCl) ГОСТ 11086-76 - прозрачная жидкость зеленоватого цвета. Поставляется автотранспортом в гуммированных цистернах объемом 6 м<sup>3</sup>. Является более активным, чем хлор, в отношении вирусов дезинфектантом. Товарный гипохлорит натрия малотоксичен (IV класс токсичности), безопасен в эксплуатации и прост в применении. При наличии в воде аммонийного азота не взаимодействует с ним (т.е. не образует хлораминов и других хлорпроизводных), оставаясь в форме свободного хлора, обеспечивает более глубокое обеззараживание воды и упрощает контроль остаточного хлора.

Расчетный часовой расход активного хлора для хлорирования воды:

- предварительного при  $D_{c1}' = 5 \text{ мг/л}$

е,, - . 4 3 3 3 7,8 - - кг/ч.  
**24-1000 24-1000**

УФ-излучение - это процесс заключающийся в облучении воды ультрафиолетом, способным убивать различные типы микроорганизмов.

Достоинства:

- 1) Не требует хранения и транспортировки химикатов;
- 2) Не образует побочных продуктов;
- 3) Эффективен против цист (*Giardia*, *Cryptospondium*).

Недостатки:

- 1) Не обеспечивает дезинфицирующего последствия;
- 2) Требуется больших затрат на оборудование и техническое обслуживание;
- 3) Требуется высоких операционных затрат;
- 4) Дезинфицирующая активность зависит от мутности воды, ее жесткости, осаждения органических загрязнений на поверхности лампы, а также колебаний в электрической сети, влияющей на изменение длины волны;
- 5) Отсутствует возможность оперативного контроля эффективности обеззараживания воды.

Принимаем установку УДВ - 1000/288-В1, из которых 2 рабочих и 1 резервная. Размеры установки 3700 х 1700 х 1600 мм; мощность 28 кВт.

## **5 Оценка воздействия на окружающую среду проектируемой системы водоснабжения города**

### **5.1 Оценка воздействия систем водоснабжения из поверхностного источника на окружающую природную среду**

#### **5.1.1 Характеристика проектируемого объекта**

В выпускной квалификационной работе разработана система водоснабжения населенного пункта численностью 101250 человек.

Жилые дома оборудованы водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением.

На территории города расположен завод по переработке молока.

#### **5.1.2 Характеристика источника водоснабжения**

Река, протекающая в населенной пункте, имеет следующие характеристики:

- . Минимальный расход 95 % обеспеченности 128 м<sup>3</sup>/с;
- . Средняя скорость течения 0,61 м/с;
- . Русло и берега устойчивые, сезонные деформации не более +- 0,3 м;
- . Льдообразование прекращается с установлением ледостава;
- . Ледостав устойчивый с мощностью 1 м;
- . Лесосплав отсутствует.

Данные по качеству воды источника приведены в таблице 5.1.

Оценка качества воды поверхностного источника произведена в соответствии с [1,2].

Таблица 5.1 - Исходные и данные и нормативные требования к качеству воды водных объектов хозяйственно-питьевого назначения

Показатели	Единицы измерения	Качество воды в реке	Нормативные требования к водоемам хозяйственно-питьевого назначения		
			ПДК, мг/л	ЛПВ	Класс опасности
Общие требования к составу и свойствам воды					
Взвешенные Вещества	мг/л	62	не нормируется		
Плавающие Примеси		отсутствие	отсутствие		
Окраска	см		не должна обнаруживаться в столбике 20 см		
Запахи	балл	отсутствие	не должна приобретать запах интенсивностью более 2 баллов непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки		
Температура		15	не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет		
Водородный показатель (рН)		6,9	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5		
Минерализация воды	мг/л	1209	1000	-	-
Растворенный Кислород	мг O₂/л	3	Не менее 4		
Биохимическое потребление кислорода (БПК5)	мг O₂/л	15	2		
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	мг O₂/л	15,7	15		

Продолжение таблицы 5.1

Химические вещества

Железо	мг/л	0,23	0,3	о/л	3
Азот нитритный	мг/л	0,003	1,0	с/т	2
Свинец	мг/л	0,004	0,03	с/т	2
Хлориды	мг/л	14	350	о/л	4
Сульфаты	мг/л	14,1	500	о/л	4
Фенолы	мг/л	0,002	0,001	о/л	4
Нефтепродукты	мг/л	0,12	0,3	о/л	3
СПАВ	мг/л	0,03	0,5	о/л	4

Бактериологические показатели

Возбудители

отсутствие

кишечных инфекций

Жизнеспособные яйца

гельминтов (аскарид,

власоглав, токсокар,

фасциол), онкосферы

тениид и

отсутствие

Не должны содержаться в 25 л воды

жизнеспособные

цисты патогенных

кишечных

простейших

Термотолерантные

колиформные

8

Не более 100

КОЕ/100мл

бактерии

Общие колиформные

9

Не более 1000

бактерии

КОЕ/100мл

Колифаги

БОЕ/100мл

5

Не более 10

Радиационные показатели

Суммарная объемная

активность

радионуклидов при

$J^{\wedge}(Ai / YBi) < 1$

совместном

присутствии



Оценка качества воды (табл. 5.1) производилась в соответствии с санитарными требованиями к водоемам хозяйственно-питьевого назначения по условиям:

1.  $C_i < ПДК^{\text{ММ}}$  для веществ, относящихся к 3-му и 4-му классу опасности превышение ПДК не наблюдается.

2.  $\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК^{\text{ММ}}_i} < 1$  для веществ относящихся к 1-му и 2-му классу опасности относящийся к одному лимитирующему показателю вредности (ЛПВ).

Из веществ 1-го и 2-го классов опасности в воде присутствует азот нитритный и свинец.

$$ПДК^{\text{О-Л}}_{\text{свинец}} = 0,03 \text{ мг/л} \quad \text{Л} >$$

Вывод: качество воды в источнике не соответствует требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого назначения по содержанию органических веществ (фенолы и нефтепродукты).

В соответствии с [3] установлен класс источника водоснабжения - второй и оценена пригодность данного источника для целей водоснабжения. В зависимости от установленного класса источника подбирается метод обработки воды.

Качество воды после обработки должно соответствовать требованиям [4]. Нормативные требования по содержанию вредных веществ в питьевой воде представлены в таблице 5.2.

Нормативные требования по микробиологическим и паразитологическим показателям, также по органолептическим показателям и радиационной безопасности приведены в таблице 5.3.

Таблица 52 - Нормативные требования по содержанию вредных веществ в питьевой воде

			Нормативные требования к		
Показатели	Ед. изм.	Качество воды в реке	качеству питьевой воды		
			ПДК, мг/л	Класс опасности	
Обобщенные показатели					
Водородный показатель	единицы рН	6,9	в пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	120,9	1000		
Жесткость общая	мг-экв./л	4,0	7,0		
Окисляемость перманганатная	мг/л	8,2	5,0		
Нефтепродукты	мг/л	0,12	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,03	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,002	0,25		
Неорганические вещества					
Железо (Fe)	мг/л	0,23	0,3	о/л	3
Нитраты (по $\text{KNO}_3$ )	мг/л	0,04	45	с/т.	3
Свинец(Pb)	мг/л	0,004	0,03	с/т.	2
Сульфаты ( $\text{SO}^{''}$ )	мг/л	14,1	500	о/л	4
Хлориды ( $\text{Cl}^{'}$ )	мг/л	14	350	о/л	4

Таблица 53 - Нормативные требования к качеству питьевой воды по микробиологическим, паразитологическим и органолептическим показателям

Показатели	Единицы измерения	Качество воды в реке	Нормативы
микробиологические и паразитологические показатели			
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	10	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	10	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	5	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие	Отсутствие
органолептические показатели			
Запах	баллы	Отсутствие	2
Привкус		Отсутствие	2
Цветность	градусы	30	20
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	8,12	2,6 15
Радиологические показатели			
Общая радиоактивность	а- Бк/л	Отсутствие	0,1
Общая радиоактивность	р- Бк/л	Отсутствие	10

Объект может быть использован в качестве источника хозяйственно-питьевого назначения, после обесцвечивания и обеззараживания, снижения фенола, что достигается обработкой коагулянтом (гидроксохлоридом алюминия), обеззараживанием гипохлоритом натрия и УФ-облучением.

## **5.2 Технологическая схема водоподготовки**

Схема водоподготовки включает следующие процессы: осветление, обесцвечивание и обеззараживание.

Для обесцвечивания и осветления предусмотрено коагулирование гидроксохлоридом алюминия (доза - 17 мг) и флокулирование - Праестолом с дозой 0,1 мг/л, обеззараживание - товарным гипохлоритом натрия с дозой 5 мг/л (по активной части), а окончательное обеззараживание УФ-излучением.

## **5.3 Технология водоподготовки с точки зрения возможного антропогенного воздействия на природную среду**

В результате водоподготовки происходит воздействие на водный объект за счет изъятия воды.

Изъятие воды приводит к изменению пропуска воды, скорости потока и другим гидрологическим показателям водотока.

В результате технологического процесса образуются:

- жидкие отходы (промывные воды);
- твердые отходы (гидроокисные шламы водоочистки).

Применение для обеззараживания воды гипохлорита натрия предотвращает попадание в атмосферный воздух вредных газообразных компонентов (расчет рассеивания выбрасываемых веществ не требуется).

### 5.3.1 Количественная оценка антропогенного воздействия

Требуемая производительность водозаборных сооружений определена по удельным нормативам водопотребления с учетом степени благоустройства населенного пункта и в соответствии с техническим заданием по водопотреблению промышленного предприятия и составляет 1805,7 м<sup>3</sup>/ч (0,5016 м<sup>3</sup>/с).

### 5.3.2 Оценка гидравлической нагрузки на водный объект водозабором

Допустимая гидравлическая нагрузка на водный объект составляет до 20–25 % и состоит в обеспечении санитарного пропуска воды после забора, который не должен быть менее 75 %.

Величина фактического санитарного пропуска

$$P_{\text{факт}} = (Q_p - Q_g) / Q_p \cdot 100 \% \quad (5.2)$$

где  $Q_p$  - минимальный среднемесячный расход речной воды, м<sup>3</sup>/с;

$Q_g$  - производительность водозаборных сооружений, м<sup>3</sup>/с.

$$P_{\text{факт}} = (128 - 0,5016) / 128 \cdot 100 \% = 99,6 \%$$

Вывод: гидравлическая нагрузка на водный объект составляет менее 1 % и не превышает допустимых норм по санитарному пропуску воды.

### 5.3.3 Количество жидких отходов

Жидкими отходами являются промывные воды после промывки фильтров. Количество промывных вод принято по технологическим расчетам дипломного проекта и составляет 3628,8 м<sup>3</sup>/сут = 201,6 м<sup>3</sup>/ч.

В проекте предусмотрена система очистки, обеззараживания и повторного использования промывных вод, что исключает вредное воздействие системы водоподготовки на поверхностные и подземные воды.

В целях сокращения расхода воды на собственные нужды станции очистки и подготовки воды предусмотрено повторное использование воды после промывки фильтров. Для этого запроектированы сооружения по обороту промывных вод и обезвоживания осадка.

Проектом рекомендуется следующая схема оборота промывных вод:

- подача промывных вод в отстойник - накопитель промывных вод (в некоторых случаях перед отстойником предусматривается песколовка);
- осветление воды в отстойнике (возможна интенсификация путем добавления коагулянтов и флокулянтов);
- использование осветленной воды на промывку фильтров;
- уплотнение осадка в отстойнике-накопителе;
- перекачка осадка на площадки для подсушивания;
- обезвоживание и сушка осадка на площадках.

### 5.3.4 Расчет количества твердых отходов

Твердыми отходами являются шламы водоподготовки, т.е. гидроокисные осадки с извлеченными загрязнениями. Осадок поступает в шламоуплотнитель, а затем на вакуум-фильтры. Обезвоженный осадок вывозится на шламовые площадки.

Количество твердых отходов на станции водоподготовки определяется в соответствии с [1] по формуле

$$Q_{\text{тв}} = \frac{(C_x - C_{\text{св}}) \cdot V_{\text{св}}}{1000} \quad \text{г/год} \quad (5.3.4)$$

где  $C_x$  - концентрация взвешенных веществ, поступающих в осветлитель, 81,85 мг/л (определена в технологических расчетах);

$C_{\text{св}}$  - концентрация взвешенных веществ на выходе из контактного осветлителя 12 мг/л (согласно СанПиН 2.1.4.1074-01);

$Q$  - производительность станции водоподготовки, м<sup>3</sup>/год (определена в технологических расчетах).

$$C_{л"л} - M + K - + 0,25 - Ц + И - 62 + 0,55 - 17 + 0,25 - 42 - 81,85 \text{ мг/л} \quad (5.4)$$

где:  $M$  - количество взвешенных веществ в исходной воде в г/м<sup>3</sup>;

$K$  - переводной коэффициент, равный 0,55;

$D_k$  - доза коагулянта в пересчете на безводный продукт в г/м<sup>3</sup>;

$Ц$  - цветность воды в град;

$И$  - количество нерастворимых веществ, вводимых с известью для подщелачивания воды, в мг/л. (в данном диплом проекте подщелачивание не требуется).

Количество твердых отходов при осветлении воды в осветлители

$$P = \frac{(81,85 - 1,2) - 1805,7 - 24 - 365}{10^6} = 1275,7 \text{ т/год} \quad (5.5)$$

Данные по количеству образующихся твердых отходов приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4 - Количество образующихся твердых отходов

Узел технологической схемы, где образуется отход	Количество твердых отходов		Физико-химические свойства отходов (влажность, зольность, плотность)	Способ утилизации или хранения
	м <sup>3</sup> /год	т/год		
Промывные воды контактных осветлителей	126306,93	1275,7	99%	Шламо уплотнитель
Шламо-уплотнитель (сгуститель)	30963,59	1275,7	96%	Вакуум-фильтры
Вакуумфильтры	3865,76	1275,7	70 %	Площадки складирования

Осадок образуется в осветлителях со слоем взвешенного осадка и в узле обработки промывных вод фильтра влажностью 99 %.

$$V_{ос} = \frac{P - 100}{1275,7 - 100} \cdot \frac{3}{(100 - 99) \cdot 1,01} = 3865,76 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.6)$$

где Ж - влажность, 99 %,

γ - плотность осадка, 1,01.

Осадок поступает в шламоуплотнитель, где его влажность снижается до 96 %.

$$V_{ос} = \frac{P - 100}{1275,7 - 100} \cdot \frac{3}{(100 - 96) \cdot 1,03} = 3865,76 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.7)$$

Затем осадок поступает на вакуум - фильтры, при этом его влажность снижается до 70%, а объем осадка составляет 3865,76 м<sup>3</sup>/год.

$$V_{ос} = \frac{P - 100}{1275,7 - 100} \cdot \frac{3}{(100 - 70) \cdot 1,01} = 3865,76 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.8)$$

Обезвоженный осадок вывозится на шламовые площадки, которые должны отвечать следующим требованиям:

- иметь слабо фильтрующие грунты;
- уровень стояния грунтовых вод должен быть не выше 2 м от дна емкости с уклоном на местности 15 % в сторону водоема
- площади, выделяемые под шламовые площадки не пригодны для сельхозугодий, лесов;
- размещение с подветренной стороны, относительно населенного пункта и ниже по направлению потока подземных вод;
- местность не должна быть затопляемой паводковыми и ливневыми водами;



- предусматривается ограждение и озеленение по периметру, а также подъездные пути с твердым покрытием.

- шламовые площадки не должны располагаться в водоохраной зоне.

Размер шламовых площадок

$$S, \text{ м}^2 = \frac{V_{\text{ос}}}{H_{\text{ш}} \cdot 15} \cdot 4 - 1,5 - 3 \quad (5.9)$$

где  $V_{\text{ос}}$  - объем образующегося осадка,

$H_{\text{ш}}$  - глубина шламовых площадок, 2 - 3 м;

15 - коэффициент, учитывающий увеличение общей площади шламовых площадок за счет устройства подъездных путей;

3 - срок накопления осадка, год.

$$S = \frac{3865,76 \text{ л}}{1 \cdot 1,5 - 3} = 0,58 \text{ га.}$$

## 5.4 Проектирование зон санитарной охраны

Для обеспечения санитарно эпидемиологической надежности системы водоснабжения предусмотрены зоны санитарной охраны:

- источника хозяйственно-питьевого назначения;
- водопроводных сооружений;
- водопроводов.

Зоны санитарной охраны источника водоснабжения в месте забора воды запроектированы из трех поясов, из которых первый пояс - строгого режима, второй и третий - режимов ограничения.

*Первый пояс зоны санитарной охраны источника*

Границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока установлены на следующем расстоянии от водозабора:

- вверх по течению - 200 м.

- вниз по течению - 100 м.
- по прилегающему к водозабору берегу - 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени.

- по акватории - 100 м (так как ширина реки в месте водозабора 300 м)

На территории первого пояса зоны запрещены:

- Все виды строительства, за исключением реконструкции или расширения основных водопроводных сооружений;
- Размещение жилых и общественных зданий, проживание людей, в том числе работающих на водопроводе;
- Прокладка трубопроводов различного назначения, за исключением трубопроводов обслуживающих водопроводные сооружения;
- Выпуск в источник водоснабжения сточных вод, купание и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применения для растений удобрений и ядохимикатов.

Все здания имеют канализование. Предусмотрен отвод поверхностных вод за пределы первого пояса. Допускается только санитарная рубка леса.

Территория первого пояса санитарной охраны ограждается и озеленяется. Запроектирована сторожевая сигнализация. Границы акватории первой зоны санитарной охраны обозначены предупредительными наземными знаками и буями.

Границы первого пояса зоны санитарной охраны приведены в графической части дипломного проекта.

#### *Второй пояс санитарной охраны источника*

Границы второго пояса санитарной охраны источника имеют следующие размеры:

- вверх по течению, исходя из 3-х суточного времени протекания воды водотока от границы пояса, равной

$$L = 3 \cdot v \cdot 3600 \cdot 24 = 3 \cdot 0,61 \cdot 3600 \cdot 24 = 158,11 \text{ м.} \quad (5.10)$$

Боковые границы (от уреза воды в водотоке) при равнинном рельефе - 500 м.

На территории второго пояса зоны:

- выполнено регулирование отведения территории для населенных пунктов, промышленных предприятий и объектов культурно-бытового назначения;
- благоустроены выше перечисленные объекты, предусмотрено организованное водоснабжение и водоотведение, устроены водонепроницаемые выгреба, отведены загрязненные поверхностные воды;
- регламентированы степень очистки сточных вод, сбрасываемых в водоток;
- проведена санитарная рубка леса.

На территории второго пояса запрещается:

- загрязнение территории мусором, навозом и промышленными отходами;
- размещение складов ГСМ, ядохимикатов, удобрений, шламохранилищ;
- Применение удобрений и ядохимикатов;
- Расположение пастбищ в прибрежной полосе шириной до 300 м;
- Добыча песка и гравия из водохранилища и дноуглубительные работы.

#### *Третья зона санитарной охраны*

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны имеют следующие параметры:

- вверх 158,11 км (так же, как и для второго пояса санитарной охраны);
- вниз - 250 м;
- боковые границы - по линии водоразделов.

Мероприятия по организации третьего пояса зоны санитарной охраны аналогичны мероприятиям, проводимым во втором поясе в пределах 3-5 км.

#### *Зоны санитарной охраны водопровода*

Зоны санитарной охраны предусматриваются в целях санитарно-эпидемиологической надежности водопровода.

Зоны санитарной охраны водопровода включают зону источника водоснабжения в месте забора воды (включая водозаборные сооружения), зону и санитарно-защитную полосу водопроводных сооружений (насосных станций, станции подготовки воды, емкостей) и санитарно-защитную полосу водоводов.

Зона санитарной охраны водопроводных сооружений состоит из первого пояса и санитарно-защитной полосы.

Граница первого пояса совпадает с ограждением площадки сооружений и предусмотрена на расстоянии: от стен РЧВ не менее 30 м; от стен стальных сооружений - не менее 15 м.

Так как в проекте водопроводные сооружения расположены в пределах второго пояса зоны санитарной охраны, то санитарно-защитная полоса (не менее 100 м) не предусмотрена.

Ширина санитарно-защитной полосы водоводов принята:

- в незастроенной территории от крайних водоводов при прокладке в сухих грунтах - 10 м, при прокладке в мокрых грунтах - 20 м (диаметр водоводов до 1000 мм);
- в застроенной территории - по согласованию с органами СЭС.

#### *Система рыбозащиты*

К рыбозащитным мероприятиям при отборе воды относят:

- ограничение вод отбора с учетом периода ската молоди ценных рыб;
- размещение водозаборного оголовка в горизонтах, где концентрация молоди в течении года стабильна минимальна.

Рыб защитные сооружения необходимо предусматривать с целью предупреждения попадания, травмирования и гибели личинок и молоди рыб на водозаборах и отвода их в рыб хозяйственный водоем.

Выбор типа рыб защитного устройства и проектирование принято в соответствии с требованиями СП 101.13330. 2012.

Тип, параметры и компоновка рыб защитного устройства принято с учетом типа и скорости водотока, минимальных и максимальных уровней воды в водоеме, эпюр скоростей в зоне водозабора, размерновидового состава,

морфометрических, физиологических и других характеристик защищаемых рыб. Проектирование рыб защитных сооружений произведено на основе рыбо-, водо-биологических обоснований с выполнением соответствующих ихтиологических изысканий, при которых определены: видовой и размерный состав с указанием минимального размера защищаемых рыб; период их ската и миграции; вертикальное и горизонтальное распределение рыб; места расположение нерестилищ и зимовальных ям; сносящая скорость течения для молоди защищаемых рыб.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В выпускной квалификационной работе рассмотрено водоснабжение города, расположенного на территории Красноярского края. Застройка жилого сектора состоит в основном из пятиэтажных многосекционных домов, На территории города в пределах пешеходной доступности имеется сеть детских учреждений, две общеобразовательных школы, общественно - торговые центры, что позволяет организовать культурно-бытовое обслуживание в радиусе 400 м, а также имеется больничный комплекс на 300 коек. В городе проживают 102000 человек, дома оборудованы внутренним холодным, горячим водопроводом и канализацией. Норма водопотребления принята 240 л/сут на человека. Источником водоснабжения приняты поверхностные воды реки,

На территории города расположено предприятие по переработке молока.

Определены расчетные расходы воды. Сеть города запроектирована кольцевой из чугунных труб с внутренним песчано-цементным покрытием. Вода из реки забирается с помощью руслового водозабор. НС1 запроектирована отдельно стоящей. Исходя из качества воды в источнике принята схема подготовки воды на контактных осветлителях. Обеззараживание воды с помощью гипохлорита натрия и окончательное обеззараживание УФ-облучением. Также дана оценка влияния проектируемого объекта на природную среду.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000 г.
2. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.
3. ГОСТ 2761-84\* Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86. ГОСКОМГИДРОМЕТ
6. СанПиН 2.2.1./2.1.1 1200-03(нов. редакция от 1.03.2008).
7. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. - М.: Высш. шк., 1995. - 431 с.
8. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб/Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. - М.: Стройиздат, 2009. - 116 с.
9. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. М., Стройиздат, 1971. 304 с.
10. СН 31.13330. 2012 Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/Министерство строительства РФ. - М.: 2012.
11. Водоснабжение/Н.Н. Абрамов. - М.: Стройиздат, 1974. - 480 с.
12. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 209 с.
13. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое руководство и

общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 324 с.

14. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. - Т Системы распределения и подачи воды / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда - Москва: ВоГТУ, 2001. - 188 с.

15. СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий Минздрав России, 2003 г.

16. Постановление № 1404 от 23.11.1996 "Об утверждении положения о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах".

17. СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002 г.

18. Методические указания по проектированию водоохранных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос. Мин-во ПР РФ, 1998 г.

19. МУ 2.1.5.800-99 Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. Минздрав РФ, 2000 г.

20. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест Методические указания. Минздрав РФ, 2000 г.

21. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Минздрав РФ, 2003 г.

22. СанПиН 2.1.7. 1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. М.: Минздрав РФ, 2003 г.



# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1.7 Гидравлический расчет сети в час наибольшего

№ коль ца	№ участк а	l, м	q, л/с	d, мм	и, м/с	$S_o$	K	$S = S_o \cdot l$	$S - q$	$h = S - q'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Предварительное распределение</b>										
I	1-2	360	258,05	400	2,16	0,2189	0,903	0,000071	0,0184	4,739
	2 - 3	430	232,76	400	1,94	0,2189	0,912	0,000086	0,0199	4,651
	3 -12	430	100,58	350	1,09	0,4365	0,986	0,000185	0,0186	1,872
	12 -13	345	227,3	400	1,91	0,2189	0,915	0,000069	0,0157	-3,570
	13 - 1	615	258,05	400	2,16	0,2189	0,903	0,000122	0,0314	-8,095
									<b>0,1040</b>	<b>Ah = -0,403</b> <b>= 1,939</b>
II	3 -12	430	100,58	350	1,09	0,4365	0,986	0,000185	0,01861	-1,872
	12 -10	220	296,01	400	2,48	0,2189	0,885	0,000043	0,01262	-3,734
	10 -11	515	120	350	1,32	0,4365	0,96	0,000216	0,02589	-3,108
	11 - 4	480	17	250	0,36	2,528	1,182	0,001434	0,02438	-0,415
	4 - 3	770	80	250	1,7	2,528	0,928	0,001806	0,14451	11,561
									<b>0,22602</b>	<b>Ah = 2,432</b> <b>Aq = - 5,38</b>
III	4 -5	895	44,42	250	0,96	2,528	1,01	0,002285	0,10151	4,509
	5 - 6	500	5,88	200	1,87	8,092	0,919	0,003718	0,02186	0,129
	6 -7	565	39,98	250	0,85	2,528	1,025	0,001464	0,05853	-2,340
	7 -11	345	60,09	300	0,89	0,9485	1,015	0,000332	0,01999	-1,199
	11 - 4	480	17	250	0,36	2,528	1,182	0,001434	0,02438	0,415
									<b>0,22624</b>	<b>Ah = 1,513</b> <b>Aq = -3,343</b>
IV	7 - 8	585	27,78	250	0,59	2,528	1,081	0,001599	0,04441	-1,234
	8 - 9	655	67,5	250	1,44	2,528	0,95	0,001573	0,10618	-7,167
	9 -10	1000	120,46	350	1,34	0,4365	0,961	0,000419	0,0505	-6,087
	10 -11	515	120	350	1,32	0,4365	0,96	0,000216	0,02589	3,108
	11 - 7	345	60,09	300	0,89	0,9485	1,015	0,000332	0,01996	1,199
									<b>0,24698</b>	<b>Ah = -10,18</b> <b>Aq = 20,611</b>

Таблица 18 - Продолжение гидравлического расчета сети в час наибольшего

№ кольца	№ участка	Aq, л/с	Aq см, л/с	q, л/с	$S \cdot q$	$h = S \cdot q'$
1	2	3	4	5	6	7
<b>Первое исправление</b>						
I	1-2	1,939		259,99	0,019	4,810
	2 - 3	1,939		234,70	0,020	4,729
	3 -12	1,939	5,38	107,90	0,020	2,155
	12 -13	-1,939		225,36	0,016	-3,509
	13 - 1	-1,939		256,11	0,031	-7,974
					<b>0,105</b>	Ah = <b>0,210</b> Aq = <b>-0,997</b>
II	3 -12	5,38	1,939	107,90	0,020	-2,155
	12 -10	5,38		301,39	0,013	-3,871
	10 -11	5,38	20,611	145,99	0,032	-4,600
	11 - 4	5,38	-3,343	19,04	0,027	-0,520
	4 - 3	-5,38		74,62	0,135	10,058
					<b>0,226</b>	Ah = <b>-1,087</b> Aq = <b>2,40</b>
III	4 -5	-3,343		41,08	0,094	3,856
	5 - 6	-3,343		2,54	0,009	0,024
	6 -7	3,343		43,32	0,063	-2,748
	7 -11	3,343	20,611	84,04	0,028	-2,346
	11 - 4	-3,343	5,38	19,04	0,027	0,520
					<b>0,222</b>	Ah = <b>-0,694</b> Aq = <b>1,564</b>
IV	7 - 8	-20,611		7,17	0,011	-0,082
	8 - 9	-20,611		46,89	0,074	-3,458
	9 -10	-20,611		99,85	0,042	-4,182
	10 -11	20,611	5,38	145,99	0,032	4,600
	11 - 7	20,611	3,343	84,04	0,028	2,346
					<b>0,187</b>	Ah = <b>-0,777</b> Aq = <b>2,083</b>

Окончание таблицы 18

**Второе исправление**

	1-2	-0,997		258,99	0,018	4,773
	2 - 3	-0,997		233,70	0,020	4,689
	3 -12	-0,997	-2,40	104,50	0,019	2,021
	12 -13	0,997		226,36	0,016	-3,541
	13 - 1	0,997		257,11	0,031	-8,036
					<b>0,105</b>	<b>Ah = -0,094</b>
	3 -12	-2,40	-0,997	104,50	0,019	-2,021
	12 -10	-2,40		298,99	0,013	-3,810
	10 -11	-2,40	2,083	145,67	0,031	-4,580
	11 - 4	-2,40	1,564	18,20	0,026	-0,475
	4 - 3	2,40		77,02	0,139	10,716
					<b>0,229</b>	<b>Ah = -0,170</b>
	2	3	4	5	6	7
	4 -5	1,564		42,64	0,097	4,155
	5 - 6	1,564		4,10	0,015	0,063
III	6 -7	-1,564		41,76	0,061	-2,553
	7 -11	-1,564	2,083	84,56	0,028	-2,375
	11 - 4	1,564	-2,40	18,20	0,026	0,475
					<b>0,228</b>	<b>Ah = -0,235</b>
	7 - 8	-2,083		5,09	0,008	-0,041
	8 - 9	-2,083		44,81	0,070	-3,158
	9 -10	-2,083		97,77	0,041	-4,009
	10 -11	2,083	-2,40	145,67	0,031	4,580
	11 - 7	2,083	-1,564	84,56	0,028	2,375
					<b>0,179</b>	<b>Ah = -0,254</b>



Таблица 19 - Гидравлический расчет сети в час наибольшего водопотребления при пожаре

№ коль ца	№ участк а	l, м	q, л/с	d, мм	v, м/с	S0	K	$\alpha = s \cdot q$	$S - q$	$h = S - q^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<b>Предварительное распределение</b>									
I	1-2	360	326,09	400	2,75	0,2189	0,878	0,000069	0,0226	7,357
	2 - 3	430	300,8	400	2,48	0,2189	0,886	0,000083	0,0251	7,546
	3 -12	430	168,62	350	1,84	0,4365	0,919	0,000172	0,0291	4,904
	12 -13	345	295,34	400	2,48	0,2189	0,886	0,000067	0,0198	-5,836
	13 - 1	615	326,09	400	2,75	0,2189	0,878	0,000118	0,0385	-12,569
									<b>0,1351</b>	Ah = <b>1,402</b> Aq = <b>-5,193</b>
	3 -12	430	168,62	350	1,84	0,4365	0,919	0,000172	0,02909	-4,904
	12 -10	220	432,09	400	3,44	0,2189	0,858	0,000041	0,01785	-7,714
II	10 -11	515	176,54	350	1,93	0,4365	0,915	0,000206	0,03631	-6,411
	11 - 4	480	23,63	250	0,51	2,528	1,115	0,001353	0,03197	-0,755
	4 - 3	770	80	250	1,69	2,528	0,928	0,001806	0,14451	11,561
									<b>0,25974</b>	Ah = <b>-8,244</b> Aq = <b>15,831</b>
	4 -5	895	35	250	0,74	2,528	1,047	0,002369	0,08291	2,902
	5 - 6	500	15,3	200	0,52	8,092	1,114	0,004507	0,06896	-1,055
III	6 -7	565	89,4	250	1,89	2,528	0,916	0,001308	0,11697	-10,457
	7 -11	345	70	300	1,04	0,9485	0,986	0,000323	0,02259	-1,581
	11 - 4	480	23,63	250	0,51	2,528	1,115	0,001353	0,03197	0,755
									<b>0,32339</b>	Ah = <b>-9,435</b> Aq = <b>14,588</b>
	7 - 8	585	67,3	250	1,42	2,528	0,953	0,001409	0,09485	-6,383
	8 - 9	655	107,02	250	2,29	2,528	0,895	0,001482	0,15861	-16,973
IV	9 -10	1000	200	350	2,19	0,4365	0,9	0,000393	0,07857	-15,714
	10 -11	515	176,54	350	1,93	0,4365	0,915	0,000206	0,03631	6,411
	11 - 7	345	70	300	1,04	0,9485	0,986	0,000323	0,02259	1,581
									<b>0,39092</b>	Ah = <b>-31,079</b> Aq = <b>39,752</b>

Таблица 1.10 - Продолжение гидравлического расчета сети в час  
наибольшего водопотребления при пожаре

№ кольца	№ участка	Aq, л/с	Aq см, л/с	q, л/с	$S - q$	$h = S - q^2$
1	2	3	4	5	6	7
<b>Первое исправление</b>						
I	1-2	-5,193		320,90	0,022	7,125
	2 - 3	-5,193		295,61	0,025	7,288
	3 -12	-5,193	-15,831	147,60	0,025	3,758
	12 -13	5,193		300,53	0,020	-6,043
	13 - 1	5,193		331,28	0,039	-12,972
					<b>0,132</b>	Ah = <b>-0,846</b> Aq = <b>3,213</b>
	3 -12	-15,831	-5,193	147,60	0,025	-3,758
	12 -10	-15,831		416,26	0,017	-7,159
	10 -11	-15,831	39,752	200,46	0,041	-8,266
	11 - 4	-15,831	14,588	22,39	0,030	-0,678
II	4 - 3	15,831		95,83	0,173	16,589
					<b>0,287</b>	Ah = <b>-3,271</b> Aq = <b>5,693</b>
	4 -5	14,588		49,59	0,117	5,825
	5 - 6	-14,588		0,71	0,003	-0,002
	6 - 7	-14,588		74,81	0,098	-7,323
III	7 -11	-14,588	39,752	95,16	0,031	-2,922
	11 - 4	14,588	-15,831	22,39	0,030	0,678
					<b>0,280</b>	Ah = <b>-3,744</b> Aq = <b>6,696</b>
	7 - 8	-39,752		27,55	0,039	-1,070
	8 - 9	-39,752		67,27	0,100	-6,706
IV	9 -10	-39,752		160,25	0,063	-10,088
	10 -11	39,752	-15,831	200,46	0,041	8,266
	11 - 7	39,752	-14,588	95,16	0,031	2,922
					<b>0,273</b>	Ah = <b>-6,676</b> Aq = <b>12,210</b>

Продолжение таблицы 110

**Второе исправление**

1-2	3,213		324,110	0,022	7,268
2 - 3	3,213		298,820	0,025	7,447
3 -12	3,213	-5,693	145,116	0,025	3,632
12 -13	-3,213		297,319	0,020	-5,915
13 - 1	-3,213		328,069	0,039	-12,722
				<b>0,131</b>	Ah = <b>-0,289</b> Aq = <b>1,1033</b>
3 -12	-5,693	3,213	145,115	0,025	-3,632
12 -10	-5,693		410,565	0,017	-6,965
10 -11	-5,693	12,212	206,979	0,043	-8,812
11 - 4	-5,693	6,696	23,389	0,032	-0,740
4 - 3	5,693		101,525	0,183	18,619
				<b>0,300</b>	Ah = <b>-1,530</b> Aq = <b>2,554</b>
4 -5	6,696		56,284	0,133	7,504
5 - 6	-6,696		-5,984	-0,027	-0,161
6 -7	-6,696		68,116	0,089	-6,070
7 -11	-6,696	12,21	100,678	0,032	-3,270
11 - 4	6,696	-5,693	23,390	0,032	0,740
				<b>0,260</b>	Ah = <b>-1,258</b> Aq = <b>2,422</b>
7 - 8	-12,210		15,339	0,022	-0,332
8 - 9	-12,210		55,059	0,082	-4,493
9 -10	-12,210		148,039	0,058	-8,610
10 -11	12,210	-5,693	206,977	0,043	8,812
11 - 7	12,210	-6,696	100,677	0,032	3,270
				<b>0,236</b>	Ah = <b>-1,352</b> Aq = <b>2,859</b>

Окончание таблицы 1.10

**Третье исправление**

1-2	1,1033		325,2133	0,023	7,318
2 - 3	1,1033		299,9237	0,025	7,502
3 -12	1,1033	-2,554	143,6657	0,025	3,560
12 -13	-1,1033		296,2162	0,020	-5,871
13 - 1	-1,1033		326,9662	0,039	-12,636
				<b>0,131</b>	<b>Ah = -0,128</b>
3 -12	-2,554	1,1033	143,665	0,025	-3,560
12 -10	-2,554		408,012	0,017	-6,879
10 -11	-2,554	2,859	207,285	0,043	-8,838
11 - 4	-2,554	2,422	23,258	0,031	-0,732
4 - 3	2,554		104,078	0,188	19,568
				<b>0,304</b>	<b>Ah = -0,441</b>
4 -5	2,422		58,706	0,139	8,164
5 - 6	-2,422		-8,406	-0,038	-0,318
6 -7	-2,422		65,694	0,086	-5,646
7 -11	-2,422	2,859	101,115	0,033	-3,299
11 - 4	2,422	-2,554	23,258	0,031	0,732
				<b>0,251</b>	<b>Ah = -0,368</b>
7 - 8	-2,859		12,480	0,018	-0,220
8 - 9	-2,859		52,200	0,077	-4,038
9 -10	-2,859		145,180	0,057	-8,280
10 -11	2,859	-2,554	207,282	0,043	8,838
11 - 7	2,859	-2,422	101,114	0,033	3,299
				<b>0,227</b>	<b>Ah = -0,402</b>





Таблица 1.11 - Гидравлический расчет сети на случай максимального транзита в водонапорную башню

№ коль ца	№ участк а	l, м	q, л/с	d, мм	v, м/с	So	K	$S = So \cdot l$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Предварительное распределение										
I	1-2	360	195,94	400	1,64	0,2189	0,93	0,000073	0,01436	2,814
	2 - 3	430	180,85	400	1,53	0,2189	0,94	0,000088	0,0160	2,894
	3 -12	430	79,72	350	0,87	0,2189	1,02	0,000096	0,00765	0,610
	12 -13	345	177,6	400	1,49	0,2189	0,944	0,000071	0,01266	-2,249
	13 - 1	615	195,94	400	1,64	0,2189	0,93	0,000125	0,02453	-4,807
									<b>0,07521</b>	<b>Ah = -0,738</b> <b>Aq = 4,9041</b>
II	3 -12	430	79,72	350	0,87	0,4365	1,02	0,000191	0,01526	-1,217
	12 -10	220	238,31	400	2,01	0,2189	0,91	0,000044	0,01044	-2,489
	10 -11	515	100	350	1,09	0,4365	0,984	0,000221	0,02212	-2,212
	11 - 4	480	60	250	1,27	2,528	0,968	0,001175	0,07048	-4,229
	4 - 3	770	70	250	1,49	2,528	0,94	0,001830	0,12808	8,966
									<b>0,24639</b>	<b>Ah = -1,180</b> <b>Aq = 2,395</b>
III	4 -5	895	16,9	250	0,36	2,528	1,15	0,002602	0,04397	0,743
	5 - 6	500	15,38	200	0,52	8,092	1,113	0,004503	0,06926	-1,065
	6 -7	565	35,72	250	0,76	2,528	1,044	0,001491	0,05326	-1,903
	7 -11	345	144	300	2,04	0,9485	0,91	0,000298	0,00429	-0,062
	11 - 4	480	60	250	1,27	2,528	0,968	0,001175	0,07048	4,229
									<b>0,24126</b>	<b>Ah = 1,942</b> <b>Aq = -4,025</b>
IV	7 - 8	585	49,88	250	1,06	2,528	0,991	0,001466	0,07310	-3,646
	8 - 9	655	73,56	250	1,56	2,528	0,939	0,001555	0,11437	-8,413
	9 -10	1000	105,17	350	1,16	0,4365	0,99	0,000432	0,04545	-4,780
	10 -11	515	100	350	1,09	0,4365	0,984	0,000221	0,02212	2,212
	11 - 7	345	144	300	2,04	0,9485	0,91	0,000298	0,00429	0,062
									<b>0,25933</b>	<b>Ah = -4,566</b> <b>Aq = 28,083</b>

Таблица 1.12 - Продолжение гидравлического расчета сети на случай максимального транзита в водонапорные башни

№ кольца	№ участка	Aq, л/с	Aq см, л/с	q, л/с	S - q	h = S - q <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
<b>Первое исправление</b>						
III	1-2	4,9041		200,84	0,015	2,956
	2 - 3	4,9041		185,75	0,016	3,053
	3 -12	4,9041	-2,395	82,23	0,008	0,649
	12 -13	-4,9041		172,70	0,012	-2,126
	13 - 1	-4,9041		191,04	0,024	-4,569
					<b>0,075</b>	Ah = <b>-0,04</b> Aq = <b>0,245</b>
	3 -12	-2,395	4,9041	82,23	0,016	-1,294
	12 -10	-2,395		235,91	0,010	-2,439
	10 -11	-2,395	28,083	125,69	0,028	-3,494
	11 - 4	-2,395	-4,0251	53,58	0,063	-3,372
	4 - 3	2,395		72,40	0,132	9,590
					<b>0,249</b>	Ah = <b>-1,01</b> Aq = <b>2,026</b>
	4 -5	-4,0251		12,87	0,033	0,431
	5 - 6	4,0251		1941	0,087	-1,696
	6 -7	4,0251		39,75	0,059	-2,356
	7 -11	4,0251	28,083	46,51	0,014	-0,644
	11 - 4	-4,0251	-2,395	53,58	0,063	3,372
					<b>0,257</b>	Ah = <b>-0,89</b> Aq = <b>1,736</b>
	7 - 8	-28,083		21,80	0,032	-0,696
	8 - 9	-28,083		45,48	0,071	-3,216
IV	9 -10	-28,083		77,09	0,033	-2,568
	10 -11	28,083	-2,395	125,69	0,028	3,494
	11 - 7	28,083	4,0251	46,51	0,014	0,644
					<b>0,178</b>	Ah = <b>-2,341</b> Aq = <b>6,591</b>
Продолжение таблицы 1.12						
<b>Второе исправление</b>						
I	1-2	0,245		201,09	0,015	2,964
	2 - 3	0,245		186,00	0,016	3,061
	3 -12	0,245	-2,026	80,45	0,008	0,621

	12 -13	-0,245		172,45	0,012	-2,120
	13 - 1	-0,245		190,79	0,024	-4,557
					<b>0,075</b>	<b>Ah = -0,032</b> <b>Aq = 0,211</b>
	3 -12	-2,026	0,245	80,45	0,015	-1,239
	12 -10	-2,026		233,89	0,010	-2,397
II	10 -11	-2,026	-6,591	117,07	0,026	-3,032
	11 - 4	-2,026	1,736	53,29	0,063	-3,336
	4 - 3	2,026		74,42	0,136	10,134
					<b>0,250</b>	<b>Ah = 0,130</b> <b>Aq = -0,2606</b>
	4 -5	1,736		14,61	0,038	0,555
	5 - 6	-1,736		17,67	0,080	-1,406
III	6 -7	-1,736		38,01	0,057	-2,154
	7 -11	-1,736	-6,591	38,18	0,011	-0,434
	11 - 4	1,736	-2,026	53,29	0,063	3,336
					<b>0,248</b>	<b>Ah = -0,103</b> <b>Aq = 0,2079</b>
	7 - 8	-6,591		15,21	0,022	-0,339
	8 - 9	-6,591		38,89	0,060	-2,351
IV	9 -10	-6,591		70,50	0,030	-2,148
	10 -11	-6,591	-2,026	117,07	0,026	3,032
	11 - 7	-6,591	-1,736	38,18	0,011	0,434
					<b>0,150</b>	<b>Ah = -1,372</b> <b>Aq = 4,5580</b>
<b>Третье исправление</b>						
	1-2	0,211		201,30	0,0148	2,970
	2 - 3	0,211		186,21	0,0165	3,068
I	3 -12	0,211	0,2606	80,92	0,0078	0,629
	12 -13	-0,211		172,24	0,0123	-2,115
	13 - 1	-0,211		190,58	0,0239	-4,547
					<b>0,0751</b>	<b>Ah = 0,0^</b>

Продолжение таблицы 1.12

1

2

3

4

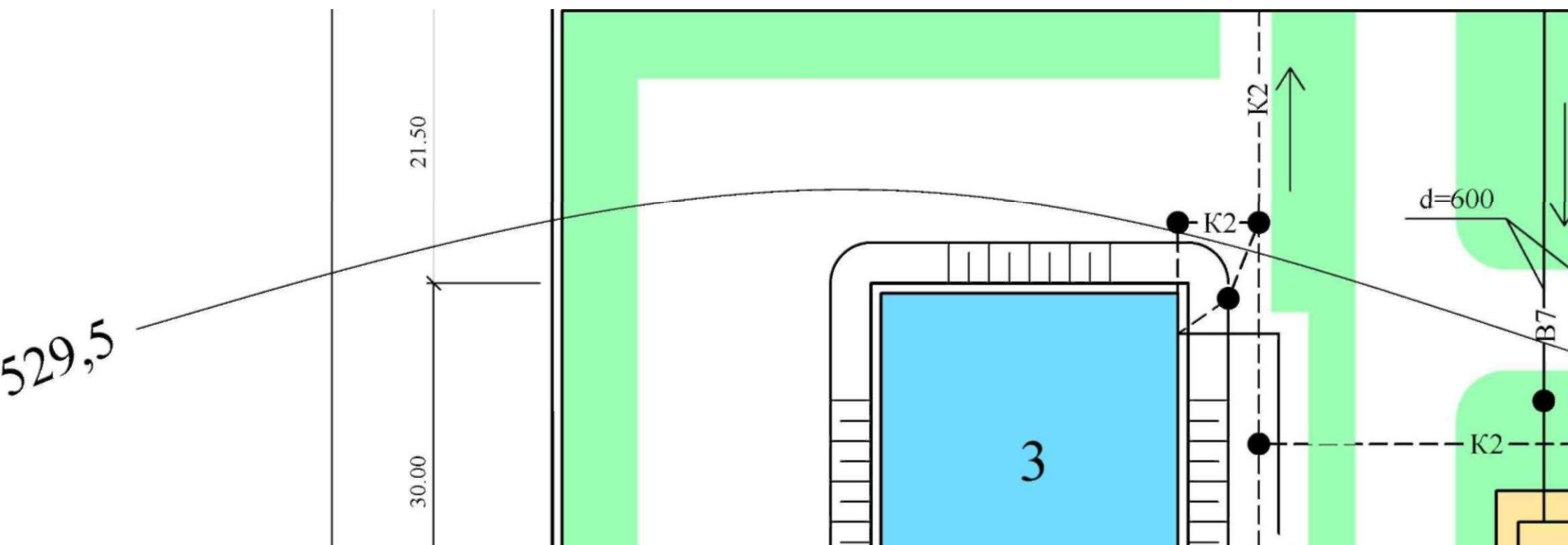
5

6

7

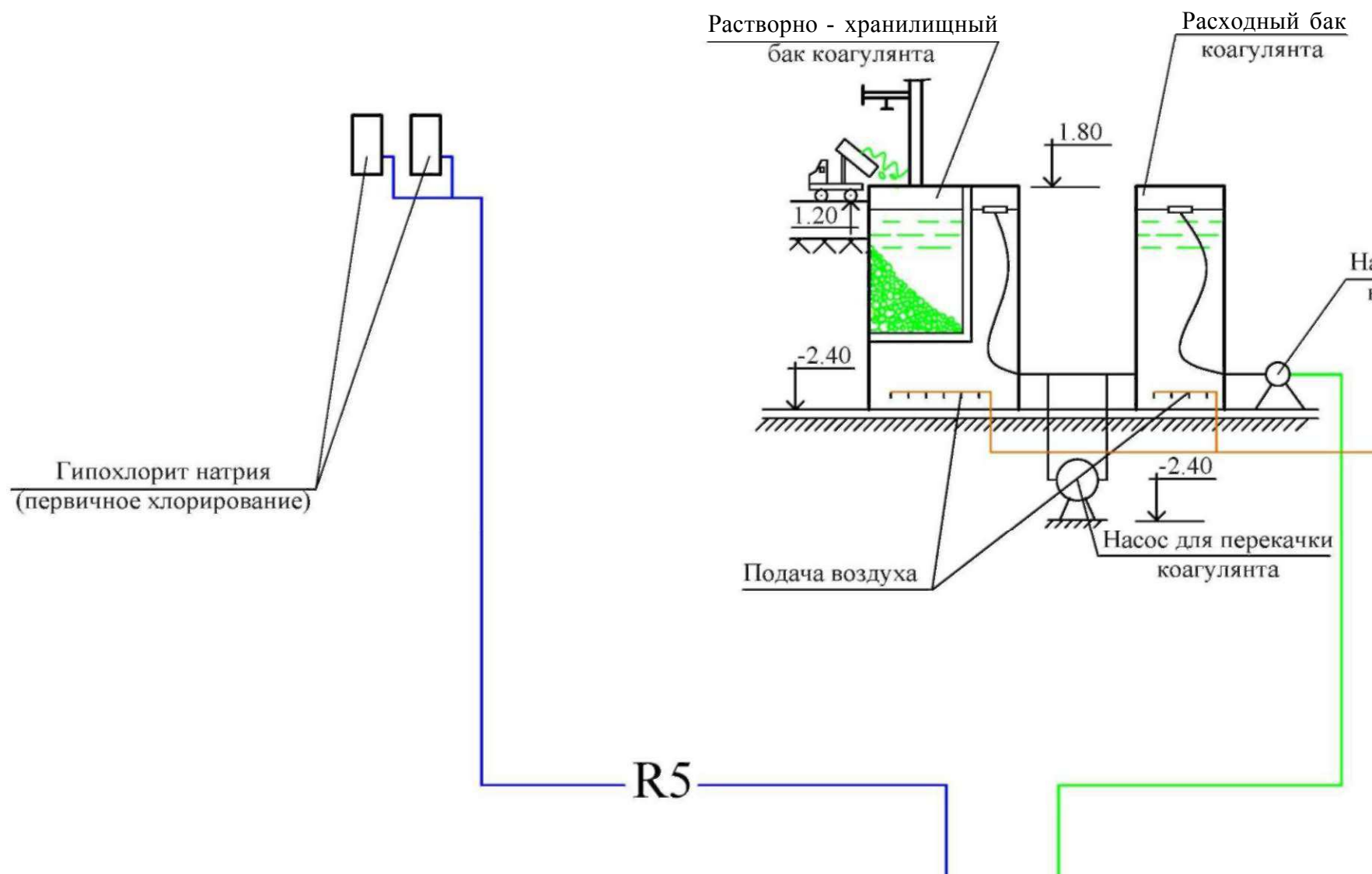
3 -12	0,2606	0,211	80,92	0,0155	-1,254
12 -10	0,2606		234,15	0,0103	-2,403
10 -11	0,2606	4,558	121,89	0,0270	-3,286
11 - 4	0,2606	0,2079	53,76	0,0631	-3,395
4 - 3	-0,2606		74,16	0,1357	10,063
				<b>0,2516</b>	<b>Ah = -0,274</b>
4 -5	0,2079		14,82	0,0386	0,571
5 - 6	-0,2079		17,46	0,0786	-1,373
6 -7	-0,2079		37,80	0,0564	-2,131
7 -11	-0,2079	4,558	42,53	0,0127	-0,539
11 - 4	0,2079	0,2606	53,76	0,0631	3,395
				<b>0,2494</b>	<b>Ah = -0,077</b>
7 - 8	-4,5580		10,65	0,0156	-0,166
8 - 9	-4,5580		34,33	0,0534	-1,832
9 -10	-4,5580		65,94	0,0285	-1,879
10 -11	4,5580	0,2606	121,89	0,0270	3,286
11 - 7	4,5580	-0,2079	42,53	0,0127	0,539
				<b>0,1371</b>	<b>Ah = -0,052</b>

# ГЕНПЛАН ОЧИСТНЬ

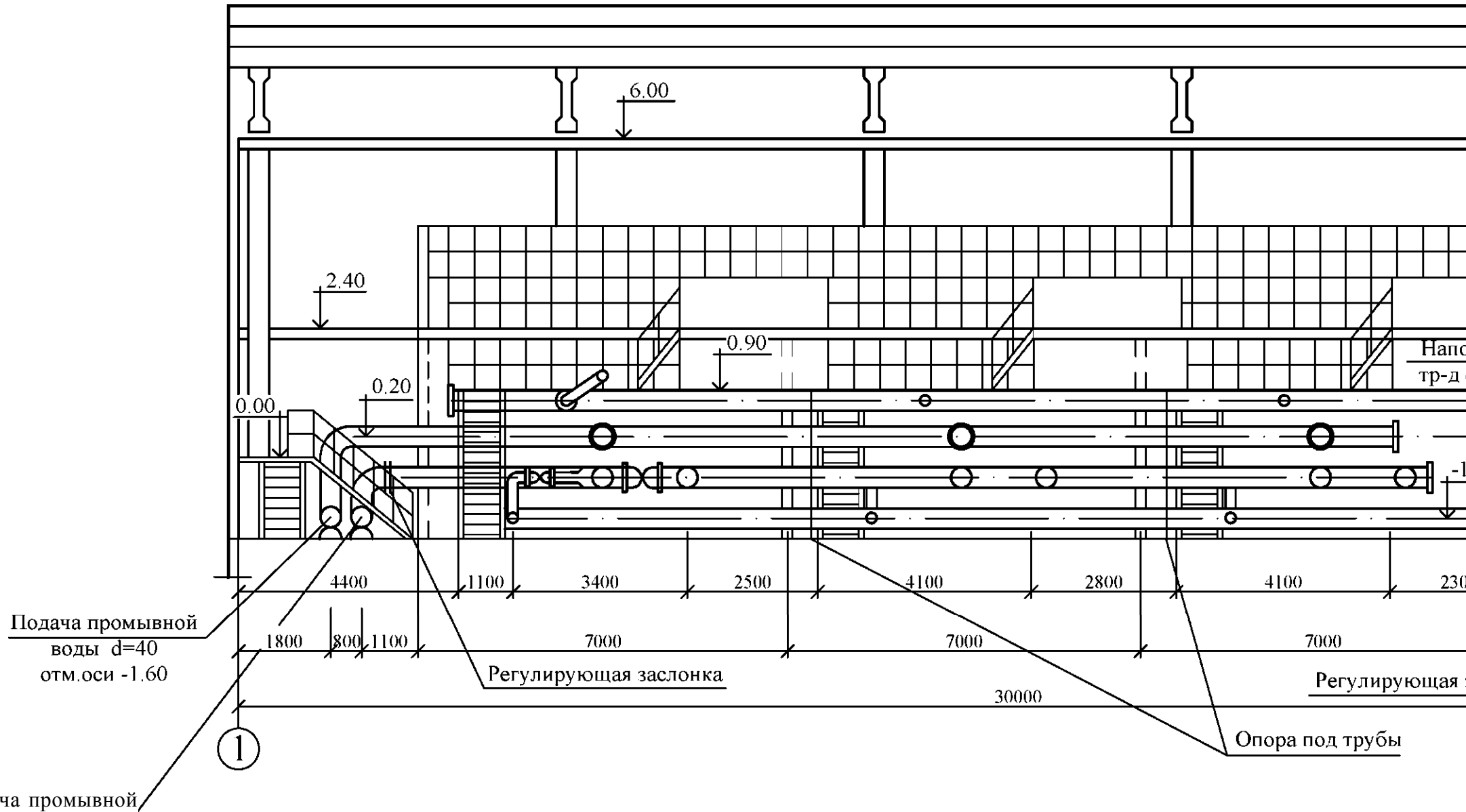


# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

## Коагулянт "ПОХА

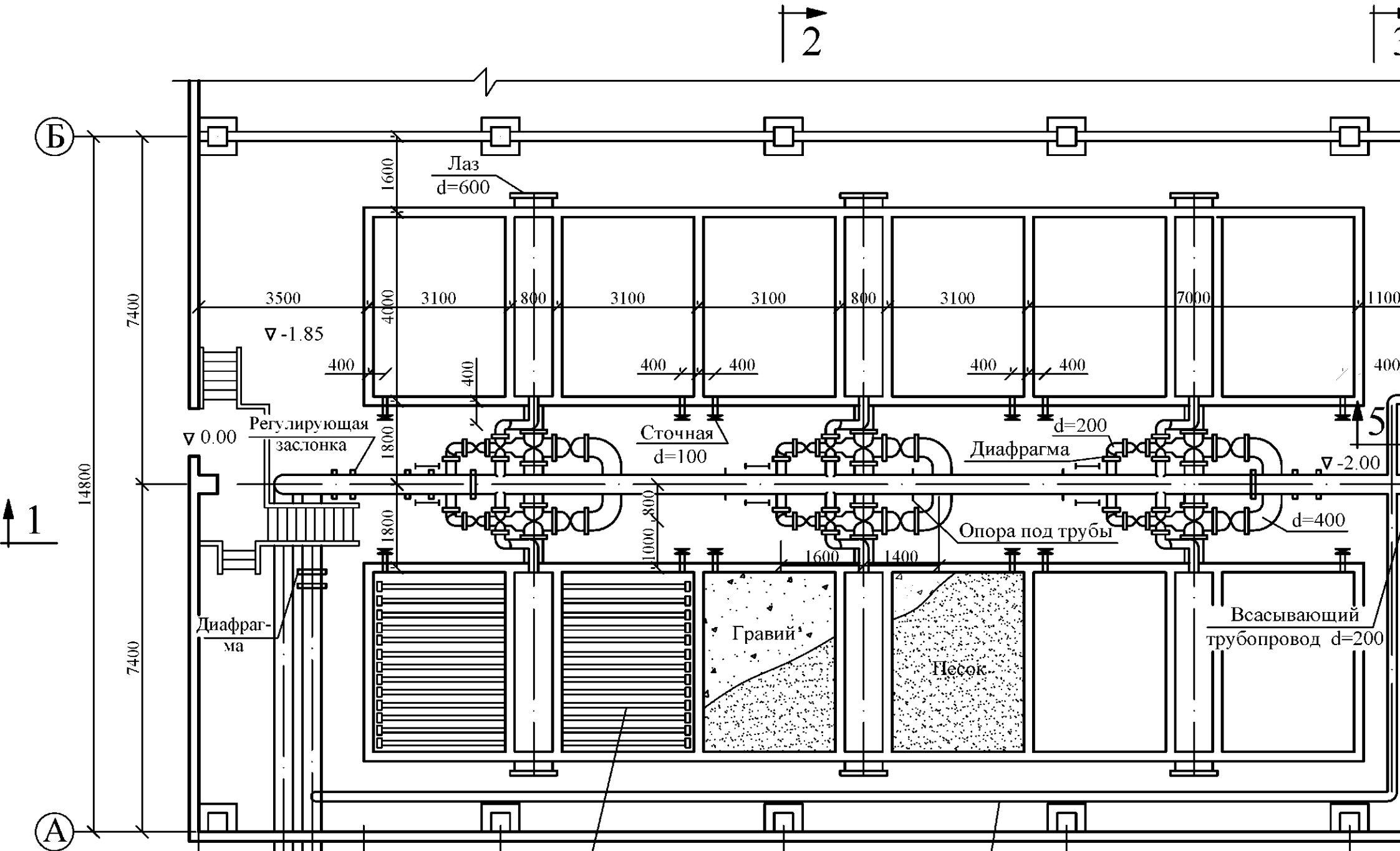


# РАЗРЕЗ 1-1 М 1:100





# ПЛАН 1-ГО ЭТАЖА М 1:100



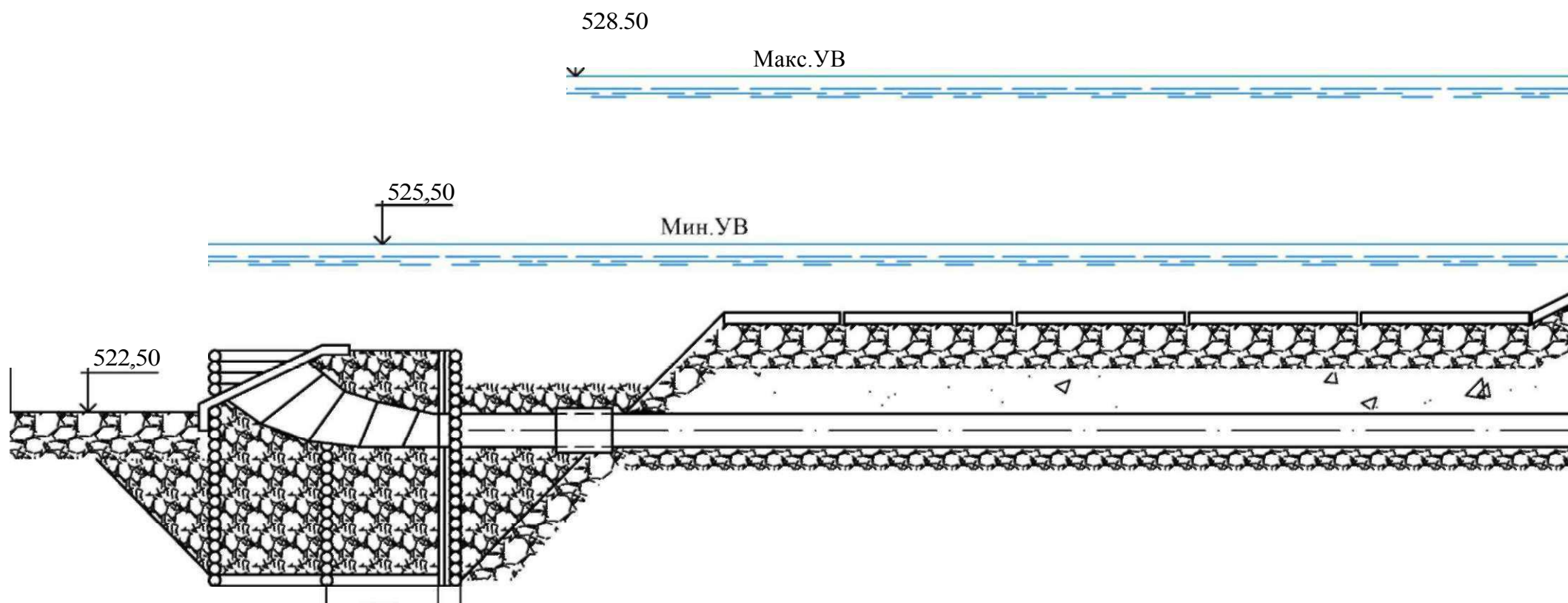


534

532



# ПРОДОЛЬНИ




Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный  
институт  
«Инженерные системы зданий и сооружений»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

 Матюшенко А.И.  
подпись      инициалы, фамилия  
« 5 » июля 2019 г.


**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01 «Строительство»  
код – наименование специальности

Водоснабжение города и промышленных предприятий из поверхностного  
источника  
тема

Пояснительная записка

Руководитель

 доцент, к.т.н.      Т.Я. Пазенко  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник

 5.07.19      С.О. Мухаметдинов  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Нормоконтроль

 5.07.19      Т.Я. Пазенко  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Красноярск 2019